

Разбор вступительных заданий направления естественных наук

Биомедицина

Злобный гений Фуфелшмертц в своей лаборатории занимался выращиванием вирусов в культуре клеток. Однажды он пренебрег техникой безопасности, разбил чашку Петри и заразился одним из патогенных штаммов. Инфекция вышла за пределы лаборатории и начала распространяться среди населения. Представь, что тебе удалось проникнуть в лабораторию и подглядеть в секретные документы. Чтобы остановить эпидемию и спасти человечество, выполни задания ниже.

Часть 1

Нарисуй строение увиденного тобой вируса¹: капсид, тип симметрии и тип генетического материала. Есть ли у твоего вируса специальные белки, как, например, у вируса гепатита В или коронавируса? Есть ли у него суперкапсид? Если да, нарисуй их тоже. Не забудь подписать элементы рисунка.

Часть 2

Перечисли способы проникновения вирусов в клетку человека. Чем они отличаются? Каким способом твой вирус попадает внутрь клетки?

Часть 3

Некоторые вирусы содержат в качестве генетического материала ДНК, другие — РНК, которая может иметь знак + или –. Чем отличаются вирусные (+) и (–) РНК? Нарисуй жизненный цикл трех типов вирусов: ДНК-содержащего вируса, РНК(+) вируса и РНК(–) вируса. Приведи для каждого типа по одному примеру известного человеку вируса.

¹ То есть придумай его и нарисуй.

Часть 4

Какие существуют типы противовирусных вакцинных препаратов? Приведи не менее трёх типов. Для каждого типа вакцины назови хотя бы один вирус, от которого она защищает.

Часть 5

Ты со своими друзьями решил спасти мир от беды и заняться разработкой вакцины (кстати, чем вакцина отличается от сыворотки?). Опиши полный путь, который должен пройти твой проект по созданию вакцины: от генерации идеи до запуска массовой вакцинации. Объясни значение каждого этапа.

Решение

Нарисуй строение увиденного тобой вируса: капсид, тип симметрии и тип генетического материала. Есть ли у твоего вируса специальные белки, как, например, у вируса гепатита В или коронавируса? Есть ли у него суперкапсид? Если да, нарисуй их тоже. Не забудь подписать элементы рисунка.

У этого вопроса нет типового ответа, каждое решение мы оценивали индивидуально.

Перечисли способы проникновения вирусов в клетку человека. Чем они отличаются? Каким способом твой вирус попадает внутрь клетки?

Вирусы могут проникать в клетку двумя способами: путем слияния с плазмолеммой клетки-хозяина или путем эндоцитоза. Для проникновения в клетку путем слияния вирус должен иметь специальные капсидные или суперкапсидные белки (например, вирус кори обладает F-белком). Виды, лишенные таких белков, попадают в клетку путем эндоцитоза: они адсорбируются на поверхности клетки, погружаются внутрь с образованием эндосомы и освобождаются от оболочки уже внутри клетки.

Некоторые вирусы содержат в качестве генетического материала ДНК, другие — РНК, которая может иметь знак + или –. Чем отличаются вирусные (+) и (–) РНК? Нарисуй жизненный цикл трех типов вирусов: ДНК-содержащего вируса, РНК(+) вируса и РНК(–) вируса. Приведи для каждого типа по одному примеру известного человеку вируса.

Вирусная (+)РНК обладает функцией иРНК, то есть она способна передавать генетическую информацию на рибосомы и выступать в роли матрицы для синтеза вирусного белка. Вирусная (–)РНК выполняет только наследственную функцию и не обладает функцией иРНК. В зараженной клетке сначала на матрице вирусной (–)РНК происходит синтез (+)РНК при помощи фермента РНК-полимеразы и только затем начинается синтез белка.

Репродукция ДНК-вирусов

У большинства ДНК-вирусов **транскрипция** (образование иРНК) и **репликация** (синтез новой геномной ДНК) происходят в ядре инфицированной клетки.

После попадания ДНК-содержащего вируса в клетку сначала происходит **транскрипция** с помощью ДНК-зависимой РНК-полимеразы (фермента, который синтезирует информационную РНК на матрице ДНК), причем одни вирусы используют ферменты клетки-хозяина (например, папилломавирусы), а другие используют собственные вирусные ферменты (аденовирусы, герпесвирусы, поксвирусы). Затем на матрице иРНК происходит синтез вирусных белков.

Репликация: среди «ранних» белков (тех, что синтезируются с вирусной РНК в первую очередь) есть фермент вирусная ДНК-полимераза, которая на матрице вирусной ДНК выполняет в ядре синтез новых молекул ДНК вируса.

Таким образом, схема жизненного цикла ДНК-вирусов выглядит следующим образом:

попадание в клетку —> транскрипция в ядре —> образование иРНК —> синтез белков, в том числе вирусной ДНК-полимеразы —> репликация в ядре —> сборка вирусных частиц (генетического материала и оболочки) —> выход из клетки.

Примеры: папилломавирусы, аденовирусы, герпесвирусы, поксвирусы (возбудители оспы).

Репродукция (+)РНК вирусов

Транскрипция: (+)РНК является матрицей для синтеза иРНК, на которых в рибосомах синтезируются вирусные белки:

(+)РНК = иРНК → белок.

Репликация: вирусная РНК-полимераза строит промежуточную антисмысловую (–)РНК цепь. Далее по матрице (–) цепи РНК синтезируется геномная РНК (+) цепь.

Таким образом, схема жизненного цикла (+)РНК-вирусов выглядит следующим образом:

попадание в клетку → на матрице **(+)РНК (иРНК)** синтезируется белок → на матрице (+)РНК синтезируется промежуточная (–)РНК → на матрице (–)РНК синтезируется (+)РНК → сборка вирусных частиц → выход из клетки.

Примеры: пикорнавирусы (вирусы полиомиелита, гепатита А, риновирусы), флавивирусы (вирус гепатита С), тогавирусы (вирус краснухи).

Репродукция (–)РНК вирусов

(–)РНК вирусы приносят с собой в клетку РНК-полимеразу для синтеза смысловой цепи (+)РНК, которая обеспечивает синтез вирусных белков и является матрицей для синтеза геномной вирусной (–) РНК.

Таким образом, схема жизненного цикла (–) РНК-вирусов выглядит следующим образом:

попадание в клетку → синтез (+)РНК на матрице (–)РНК с помощью вирусной РНК-полимеразы → синтез белка на матрице (+)РНК → синтез (–)РНК (генома вируса) на матрице (+)РНК с помощью вирусной РНК-зависимой РНК-полимеразы → сборка вирусных частиц → выход из клетки.

Примеры: ортомиксовирусы (возбудители гриппа), парамиксовирусы (возбудители кори, эпидемического паротита, парагриппа), аренавирусы, борнавирусы, рабдовирусы.

Репродукция вирусов называется дизъюнктивной, поскольку сборка белкового капсида и генома вируса происходит независимо друг от друга, и лишь перед выходом вируса из клетки происходит объединение его составных частей.

Какие существуют типы противовирусных вакцинных препаратов? Приведи не менее трёх типов. Для каждого типа вакцины назови хотя бы один вирус, от которого она защищает.

Вакцины — препараты, служащие для создания активного искусственного приобретенного иммунитета. В настоящее время известны следующие вакцинные препараты:

1) **живые**, представляющие собой ослабленные в своей вирулентности различные микроорганизмы. Они приводят к развитию бессимптомной вакцинной инфекции. Частным случаем живых вакцин являются **векторные вакцины**: в качестве носителя (вектора) чаще используют вирус осповакцины, непатогенные штаммы сальмонелл и другие вакцины. В векторные штаммы вводятся вирусные антигены, при этом данные микроорганизмы при введении в организмы человека способны размножаться, синтезировать специфический антиген и, таким образом, создавать иммунитет к возбудителю.

Пример: оспенная дермальная вакцина.

2) **убитые**, содержащие возбудители заболеваний, инаktivированные повышенной температурой или различными химическими веществами.

Примеры: инаktivированная культуральная вакцина против клещевого энцефалита (вирус инаktivирован формалином), вакцина Солка против полиомиелита и т.д.

3) **рекомбинантные**, для производства которых генетический материал вируса встраивают в геном непатогенных бактерий, которые затем синтезируют вирусные белки, способствующие формированию иммунитета.

Примеры: вакцины против некоторых высокоонкогенных типов вируса папилломы человека, вакцина против гепатита В (получена из антигена вируса, продуцируемого рекомбинантным штаммом дрожжей).

4) **ассоциированные вакцины** — это препараты, включающие несколько антигенов и позволяющие проводить иммунизацию против нескольких инфекций одновременно. В состав ассоциированных препаратов могут входить как инаktivированные, так и живые вакцины. Если в препарат входят однородные антигены, такую ассоциированную вакцину называют поливакциной. Если ассоциированный препарат состоит из разнородных антигенов, то он будет являться комбинированной вакциной.

Примеры: живая полиомиелитная вакцина (поливакцина), MMR-вакцина (используется для формирования иммунитета против кори, эпидемического паротита и краснухи, является комбинированной вакциной)

Ты со своими друзьями решил спасти мир от беды и заняться разработкой вакцины (кстати, чем вакцина отличается от сыворотки?). Опиши полный путь, который должен пройти твой проект по созданию вакцины: от генерации идеи до запуска массовой вакцинации. Объясни значение каждого этапа.

Вакцины, как и другие лекарственные средства, должны пройти серьезные исследования перед тем, как поступить в массовый оборот. Как правило, выделяют 3 главных этапа разработки новых лекарственных средств:

1. Поиск перспективных соединений. В состав вакцинных препаратов входят следующие компоненты: *антиген*, который непосредственно отвечает за формирование иммунитета, *стабилизаторы*, которые предотвращают протекание химических реакций внутри вакцины, *поверхностно-активные вещества*, которые позволяют поддерживать компоненты вакцины в растворенном состоянии, *растворитель* и так далее. При подтверждении наличия фармакологической активности у исследуемых соединений продолжается их клиническая разработка.
2. Доклинические исследования, проводимые на лабораторных животных. Для успешного прохождения доклинических испытаний необходимо доказать безопасность и эффективность полученной вакцины на грызунах и животных, не относящихся к грызунам.

Мы получили данные, основанные на результатах доклинических исследований, проведенных на животных. Но экстраполировать эти данные на человеческую популяцию нельзя: для регистрации вакцины нам необходимо провести исследования, доказывающие эффективность и безопасность применения препарата у людей. Для этого проводится 3 этап разработки вакцины - клинические исследования, состоящие из нескольких фаз:

I фаза — исследования на здоровых добровольцах;

II фаза — исследования на пациентах, имеющих определенные патологии;

III фаза — исследования на более крупных разнообразных группах пациентов, ведь чем больше выборка, тем статистически значим результат;

IV фаза — исследования, проводимые уже после регистрации лекарственного средства. На этом этапе изучаются новые режимы дозирования, новые пути введения вакцины или применение вакцины у новых групп пациентов.

Отличие вакцины от сыворотки: вакцина содержит вирусные антигены и направлена на формирование искусственного активного иммунитета, а сыворотка содержит готовые антитела против возбудителя и направлена на формирование искусственного пассивного иммунитета.

Критерии оценивания

№	Критерий	Балл
1	1 балл — придуман и нарисован вирус, описаны его характеристики, отсутствуют биологические ошибки. 0 баллов — не выполнена часть задания или присутствуют биологические ошибки.	0-1
2	1 балл — указаны два способа проникновения вируса в клетку человека, придуман способ проникновения твоего твоего вируса в клетку. 0 баллов — не указаны два способа проникновения вируса в клетку человека и/или не придуман способ проникновения твоего вируса в клетку.	0-1
3	5 баллов — (1) Указано различие между (+)РНК и (-)РНК вирусами, описаны жизненные циклы (2) ДНК, (3) (+)РНК и (4) (-)РНК-содержащих вирусов, (5) приведены примеры. -1 балл за отсутствие одного из пунктов.	0-5
4	+ 1 балл — описано не менее 3 типов препаратов. +3 балла — приведены примеры к каждому из них. - 1 балл за отсутствие типа препарата или примера.	0-4
5	Указаны и прокомментированы 3 этапа создания вакцины, указано отличие вакцины от сыворотки.	0-4

Экология

Голуби окружают нас повсюду, во всем мире насчитывается более 400 миллионов особей. Почти все они живут в городах — рядом с человеком.

Согласно археологическим данным люди начали приручать голубей еще 10 000 лет назад. Их, как и куриц, человек употреблял в пищу. Со временем у этих птиц обнаружили способность к навигации. Средиземноморские моряки использовали их, чтобы направлять корабли к суше. Голуби стали особенно ценными птицами, когда их научили доставлять письма.

Мы не просим тебя отправлять вступительное задание голубиной почтой или использовать голубя вместо Яндекс.Карт, а предлагаем изучить этот вид подробнее. Чтобы выполнить задание, найди биотоп, в котором обитают голуби и другие виды птиц. Это может быть ближайший парк, школьный двор или любое другое место.

Часть 1

В.И. Вернадский разработал учение о биосфере, где разделил все принадлежащие ей вещества на четыре группы: живое, косное, биокосное, биогенное. Опиши выбранный тобой биотоп с точки зрения данной теории: приведи по одному примеру вещества из каждой группы. Почему виды голубей, живущие в городской среде, имеют большую численность, чем виды, обитающие в дикой природе? Приложи к ответу фотографию биотопа.

Часть 2

Почему в городской среде иногда мы встречаем как взрослых особей птиц, так и их птенцов, например, утку с утятами в пруду, но при этом птенцов голубей — никогда?

Часть 3

Обилие особей одного вида может пагубно влиять на численность особей другого вида, вызывая межвидовую конкуренцию. Назови не менее двух видов птиц, которые сосуществуют с голубями в выбранном тобой биотопе. Посчитай численность каждого вида, включая голубей.

Часть 4

Как ты считаешь, каким образом голуби могут оказывать давление на другие виды птиц, обитающие в городской среде? Предположи, за какие ресурсы они могут конкурировать, укажи не менее трёх примеров.

Часть 5

Составь пищевую цепочку с участием голубя, обозначь его трофический уровень.

Часть 6

Согласно современным представлениям птицы являются оперёнными динозаврами-тероподами, потомками примитивных членов клады Avialae. И часто бывает так, что потомки несут в себе, как морфологические, так и поведенческие черты предковых форм. Приведи не менее четырёх примеров морфологических сходств современных птиц с их родственниками из мезозоя.

Решение

Опиши выбранный тобой биотоп с точки зрения данной теории: приведи по одному примеру вещества из каждой группы. Почему виды голубей, живущие в городской среде, имеют большую численность, чем виды, обитающие в дикой природе? Приложи к ответу фотографию биотопа.

У этого вопроса нет типового ответа, каждое решение мы оценивали индивидуально.

Почему в городской среде иногда мы встречаем как взрослых особей птиц, так и их птенцов, например, утку с утятами в пруду, но при этом птенцов голубей — никогда?

Птицы делятся на выводковые и гнездовые.

У некоторых выводковых птиц (кур, гусей, уток) птенцы при рождении покрыты пухом, глаза открыты, через несколько часов они уже могут следовать за родителем.

У гнездовых, или птенцовых, (певчие птицы, попугаи, голуби) у птенцов пуха почти нет, глаза закрыты.

Городские голуби стараются выбирать для гнездования похожий на скалы ландшафт, поэтому зачастую выют гнёзда в закрытых пространствах: на чердаках высотных домов, в пустотах под крышами, под мостами; птенцы долго остаются в гнезде — от месяца до шести недель, пока не приобретут размеры и умения взрослой птицы.

Обилие особей одного вида может пагубно влиять на численность особей другого вида, вызывая межвидовую конкуренцию. Назови не менее двух видов птиц, которые сосуществуют с голубями в выбранном тобой биотопе. Посчитай численность каждого вида, включая голубей.

Потенциальными соседями голубей могут быть вороны, воробьи (городской и домовый), сороки, синицы. Количество особей вряд ли будет превышать сотню и еще меньше, если речь не о голубях

Как ты считаешь, каким образом голуби могут оказывать давление на другие виды птиц, обитающие в городской среде? Предположи, за какие ресурсы они могут конкурировать, укажи не менее трёх примеров.

Межвидовая конкуренция часто возникает между видами, обитающими в схожих условиях. Голуби могут оказывать давление на другие виды численностью, а также конкурировать с ними за пищу, воду и места обитания (гнездования).

Составь пищевую цепочку с участием голубя, обозначь его трофический уровень.

Предполагаемые пищевые цепочки (допустимы ответы со схожей логикой):

фруктовая кожура — дождевой червь — голубь — сокол или сова.

Голубь — консумент (2-го порядка).

ИЛИ

посевы зерновых культур — саранча — голубь — сокол или сова.

Голубь — консумент (2-го порядка).

ИЛИ

посевы зерновых культур — голубь — сокол или сова.

Голубь — консумент (1-го порядка).

Согласно современным представлениям птицы являются оперёнными динозаврами-тероподами, потомками примитивных членов клады Avialae. И часто бывает так, что потомки несут в себе, как морфологические, так и поведенческие черты предковых форм. Приведи не менее четырёх примеров морфологических сходств современных птиц с их родственниками из мезозоя.

Морф:

1. Диапсидный череп.
2. Предглазничное окно.
3. Наличие цевки.
4. Трансформация хвостовых позвонков в пигостиль было характерной чертой ряда групп динозавров, к примеру овирапторин/овирапторов.
5. Наличие клюва было характерной чертой некоторых групп динозавров, например: овирапторины, цератопсы, орнитомимиды и т.д.
6. Наличие воздушных мешков.
7. Наличие воздушных полостей в костях.
8. Полые кости у теропод.
10. Наличие медуллярной ткани в костях самок.
11. Наличие «ужасного когтя» на задних конечностях — среди современных птиц подобные структуры носят казуары и кариамы.
12. ДНК птиц содержит 1.45 млрд нуклеиновых оснований, что близко к таковому числу у мезозойских теропод и завропод, ДНК которых содержало около 1.8 млрд оснований.
13. Птенцы гоацинов имеют развитый палец на крыле, как у примитивных птиц, палец большей частью редуцируется у взрослых особей, которые полностью освоили полёт.
14. Формирование яиц с твёрдой скорлупой.
15. Голосовой аппарат динозавров имеет сходства с таковым у птиц.

16. У динозавров и современных птиц имеется сходная по строению клоака.

Критерии оценивания

№	Критерий	Балл
1	+ 3 балла — приведено не менее 4 примеров веществ биотопа. + 1 балл — приведен ответ на вопрос о численности голубей.3) + 1 балл — приложена фотография. Баллы отнимаются за отсутствие примеров, ответа на вопрос или фотографии.	0-5
2	+ 1 балл — указана разница между выводковыми и гнездовыми птицами. + 1 балл — указаны особенности и местоположение гнездования голубей; длительность пребывания птенцов в гнезде	0-2
3	+ 1 балл — названы не менее 2 видов птиц, обитающих на одной территории с голубями. + 1 балл — подсчитано количество особей голубей и не менее 2 названных видов птиц.	0-2
4	Перечислено не менее 3 примеров ресурсов.	0-2
5	Составлена пищевая цепочка и указан трофический уровень голубей.	0-1
6	Перечислено 4 и более примеров морфологических сходств.	0-3

Химия

Эта задача состоит из двух частей. В каждой из них по четыре вопроса. Максимальный балл за каждый вопрос один и тот же (т.е. каждый вопрос «стоит» одинаково). Общий балл за данную задачу — это сумма баллов, которые ты получишь за ответы на восемь вопросов. Ты можешь отвечать не на все вопросы!

Часть 1

Поговорим о кислороде. Водные организмы (например, рыбы!) могут выживать в воде только благодаря растворённому в ней кислороду. Без него вода быстро становится токсичной из-за продуктов разложения мёртвых организмов. Поэтому концентрацию растворённого кислорода (КРК) в реках и озёрах важно контролировать: если она уменьшается до 5 мг/л и ниже, большинство видов рыб не смогут выжить. 5 мг — это очень небольшое значение, поэтому для измерения КРК нужны специальные методы.

Одним из наиболее точных (и одновременно доступных) методов является метод Винклера. Он основан на окислительно-восстановительных свойствах марганца и работает следующим образом. Известно, что в щелочной среде кислород быстро окисляет Mn^{2+} до Mn^{3+} , при этом образуется бледно-коричневый осадок $\text{Mn}(\text{OH})_3$. Проба речной воды взбалтывается с избытком щелочного Mn^{2+} , чтобы весь растворённый кислород прореагировал. Затем к раствору добавляют иодид калия.

$\text{Mn}(\text{OH})_3$ реагирует с избытком иодида калия, который при этом окисляется до молекулярного иода. После этого производится титрование образовавшегося иода раствором тиосульфата натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Таким образом определяется количество образовавшегося иода (по которому уже можно найти КРК). Ниже тебе предлагается детально разобратить отдельные стадии этого метода.

1. Напиши уравнение реакции окисления $\text{Mn}(\text{OH})_2$ до $\text{Mn}(\text{OH})_3$ растворённым в воде кислородом (в щелочной среде).
2. Напиши уравнение реакции окисления иодида калия с помощью $\text{Mn}(\text{OH})_3$.
3. Напиши уравнение реакции йода с тиосульфатом натрия. Предложи индикатор для титрования иода тиосульфатом натрия.

4. 25 мл образца речной воды проанализировали по методу Винклера. Оказалось, что на стадии титрования было затрачено 25 мл 0.001 моль/л раствора тиосульфата натрия. Определи КРК исследуемого образца воды.

Часть 2

Как мы выяснили, для рыбок растворённый в воде кислород очень полезен! Однако, помимо поддержания жизнедеятельности рыбок и разложения гниющей в водоёмах органики, кислород разлагает ещё и полезные для человека стальные и железобетонные объекты: мосты, скважины, корабли и т.д. Этот процесс называют ржавлением. Ржавление — частный случай коррозии, т.е. разрушения металлов и сплавов в результате химического взаимодействия с окружающей средой.

От коррозии нельзя полностью избавиться, её можно только замедлить. Из-за коррозии конструкции надо реставрировать и ремонтировать, тратя на это много денег. Поэтому задача о предсказании и замедлении коррозии очень важна не только с точки зрения фундаментального научного интереса, но и с точки зрения экономической выгоды и инфраструктурной безопасности. У неё нет однозначного и простого решения, потому что факторов, влияющих на коррозию, очень много. Большую роль при их исследовании играют опытные данные и их анализ. Ниже мы рассмотрим данные из статьи *Phenomenological modelling of atmospheric corrosion using an artificial neural network*. Её полный текст доступен на личном сайте² одного из авторов.

В статье при помощи машинного обучения (и это в 1999 году!) изучается влияние на коррозию стали и цинка следующих факторов: температуры, влажности (через параметр TOW — Time Of Wetness), атмосферной концентрации диоксида серы, скорости отложения хлорида на поверхности металла. И использованные в статье опытные данные по коррозии стали приведены в таблице в Аппендиксе А. Последняя колонка в ней показывает глубину коррозии, т.е. глубину (в микрометрах), на которую разрушился (прокорродировал) материал.

² personalpages.manchester.ac.uk/staff/bob.cottis/Publications.htm

1. Опиши химический процесс ржавления железа: напиши химические реакции, которые происходят в процессе ржавления железа под действием воды и кислорода. Как диоксид серы способствует коррозии? Напиши уравнения химических реакций. Как ты думаешь, почему анион хлора способствует коррозии?
2. Зависимость глубины коррозии C от времени t , в течение которого она происходит, обычно хорошо описывается приближённой формулой $C = A t^B$, где A и B — параметры, которые надо подбирать в каждом конкретном случае. Эта формула позволяет учесть, что в начальный момент времени ($t = 0$) глубина коррозии была равна нулю. Возьми опытные данные коррозии стали из таблицы 1 ниже и, считая $B = 1/2$, подбери коэффициент A , при котором эти данные будут достаточно хорошо описываться формулой $C = A t^B$ (где t — это время в годах). Какое значение для A у тебя получилось? Чему примерно будет равна глубина коррозии при этих условиях через 16 лет?
3. Используя любой доступный тебе способ (например, метод наименьших квадратов или «фитирование» данных в Excel, документах *Google*, *Origin*, *Wolfram Alpha*, *Wolfram Mathematica*, *Maple*, *Matlab* и т.д.), получи более точную оценку параметров A и B для тех же данных из таблицы 1.

Температура (°C)	TOW (%)	Концентрация SO ₂ (мг/м ³)	Скорость отложения СГ (мг/м ² /день)	Время коррозии (годы)	Глубина коррозии (мкм)
11.96	0.29	25	4	1	34.2
11.82	0.29	25	4	2	41.8
11.82	0.29	25	4	4	59.2
11.82	0.29	25	4	8	88.7

Таблица 1. Первые четыре строки таблицы из Аппендикса А обсуждаемой статьи

4. С помощью обучения нейросети или при помощи фитирования в любом доступном тебе пакете (например, *Excel Solver* или *Google Solver*) построй график зависимости глубины коррозии стали от концентрации SO₂ в интервале от 0 до 150 мг/м³. Время коррозии возьми равным двум годам. Остальные параметры зафиксируй та-

кими, какие тебе больше нравятся (но пусть они не сильно отличаются от тех, что есть в статье)! Таблицу с опытными данными (из Аппендикса А статьи) в формате .csv ты можешь выгрузить отсюда³.

Для фитирования можешь воспользоваться приближённой формулой

$$C = At^B \left(\frac{TOW}{D} \right)^E \left(1 + \frac{SO_2}{F} \right)^G \left(1 + \frac{Cl^-}{H} \right)^I e^{J(T+T_0)}$$

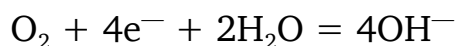
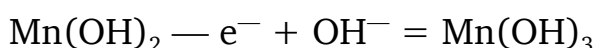
где C — глубина коррозии, t — время коррозии, TOW — значение TOW , SO_2 — концентрация SO_2 , Cl^- — скорость отложения Cl^- , T — температура, а все остальные буквы — параметры. Покажи также, как ты получил график (пришли файл с кодом, таблицу Excel или хотя бы скриншот).

Решение

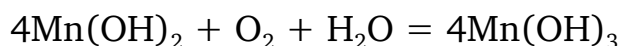
Часть 1

Напиши уравнение реакции окисления $Mn(OH)_2$ до $Mn(OH)_3$ растворённым в воде кислородом (в щелочной среде).

Полуреакции окисления-восстановления:



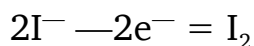
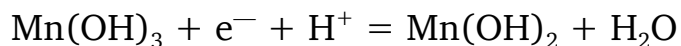
Ответ:



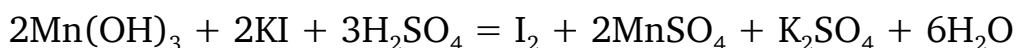
³ <https://goo.su/ptBjA9>

Напиши уравнение реакции окисления иодида калия с помощью $\text{Mn}(\text{OH})_3$

Полуреакции окисления-восстановления:

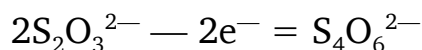


Ответ:

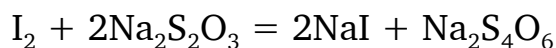


Напиши уравнение реакции иода с тиосульфатом натрия. Предложи индикатор для титрования иода тиосульфатом натрия.

Полуреакции окисления-восстановления:



Ответ:



Индикатор: крахмал в присутствии иода (более точно — трийодид-иона I_3^-) даёт интенсивную синюю окраску.

25 мл образца речной воды проанализировали по методу Винклера. Оказалось, что на стадии титрования было затрачено 25 мл 0.001 моль/л раствора тиосульфата натрия. Определи КРК исследуемого образца воды.

В 25 мл раствора тиосульфата натрия содержится $2.5 \cdot 10^{-5}$ моль тиосульфата натрия. Исходя из ответа на вопрос 3, это количество тиосульфата натрия прореагировало с $1.25 \cdot 10^{-5}$ моль I_2 . Исходя из ответа на вопрос 2, это количество иода образовалось из $2.5 \cdot 10^{-5}$ моль $\text{Mn}(\text{OH})_3$. Исходя из ответа на вопрос 1, это количество $\text{Mn}(\text{OH})_3$ образовалось из $6.25 \cdot 10^{-6}$ моль кислорода, растворенного в 25 мл речной воды.

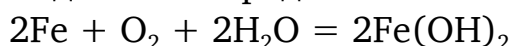
Значит, концентрация кислорода в образце воды составляет $6.25 \cdot 10^{-6} / (25 \cdot 10^{-3}) = 2.5 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

Выраженная в единицах мг/л, КРК составляет 8.0 мг/л.

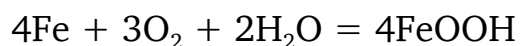
Часть 2

Опиши химический процесс ржавления железа: напши химические реакции, которые происходят в процессе ржавления железа под действием воды и кислорода. Как диоксид серы способствует коррозии? Напши уравнения химических реакций. Как ты думаешь, почему анион хлора способствует коррозии?

В самом простом приближении процесс ржавления можно описать так. Под действием воды и кислорода:

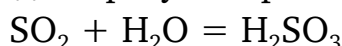


Альтернативно:



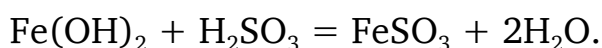
Существуют и другие реакции железа с водой и кислородом.

Диоксид серы во влажной среде образует сернистую кислоту:



Она также реагирует с железом или его оксидами (гидроксидами).

Например:



Большинство неорганических хлоридов растворимы в воде (например, хлорид натрия) и являются электролитами. При диссоциации хлориды образуют анион хлора и катион металла, которые способствуют переносу зарядов в растворе и позволяют лучше происходить электрохимическим реакциям (включая вышеописанные ОВР).

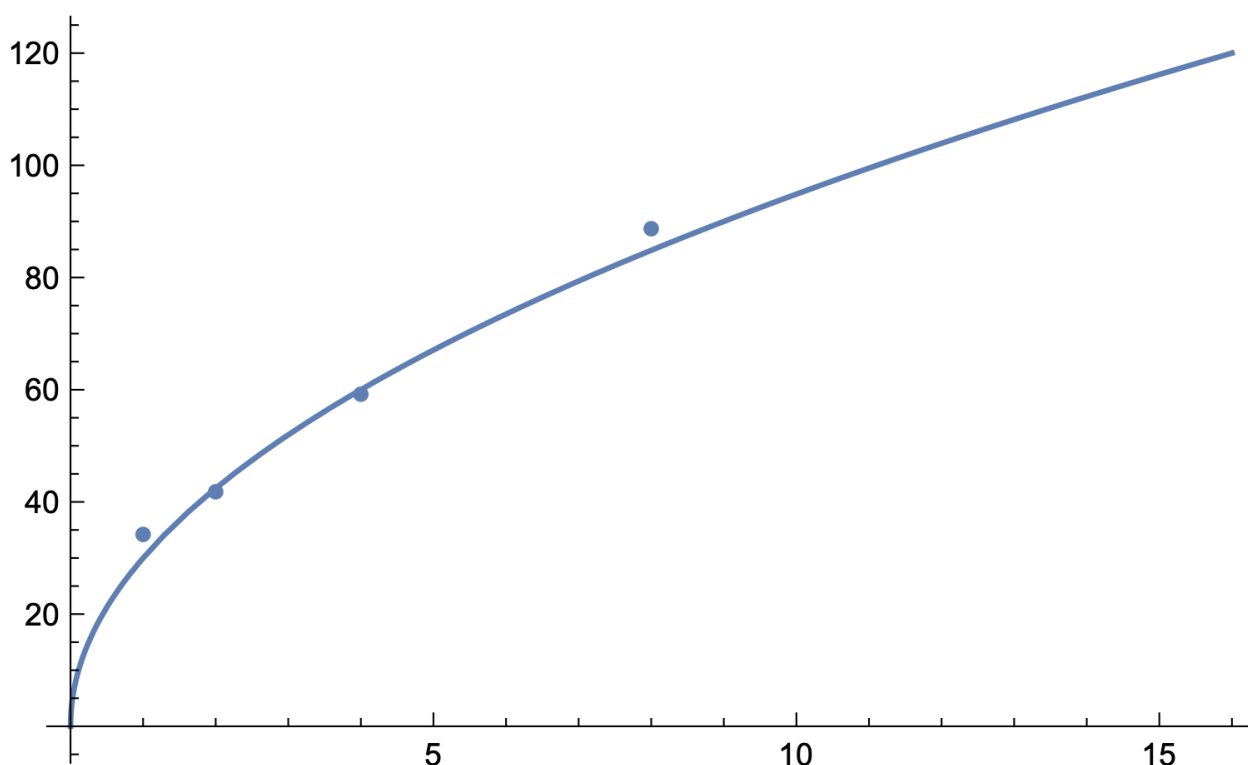
Зависимость глубины коррозии C от времени t , в течение которого она происходит, обычно хорошо описывается приближённой формулой $C = A t^B$, где A и B — параметры, которые надо подбирать в каждом конкретном случае. Эта формула позволяет учесть, что в начальный момент времени ($t = 0$) глубина коррозии была равна нулю. Возьми опытные данные коррозии стали из таблицы 1 ниже и, считая $B =$

1/2, подбери коэффициент A , при котором эти данные будут достаточно хорошо описываться формулой $C = A t^B$ (где t — это время в годах). Какое значение для A у тебя получилось? Чему примерно будет равна глубина коррозии при этих условиях через 16 лет?

Температура (°C)	TOW (%)	Концентрация SO_2 (мг/м ³)	Скорость отложения CГ (мг/м ² /день)	Время коррозии (годы)	Глубина коррозии (мкм)
11.96	0.29	25	4	1	34.2
11.82	0.29	25	4	2	41.8
11.82	0.29	25	4	4	59.2
11.82	0.29	25	4	8	88.7

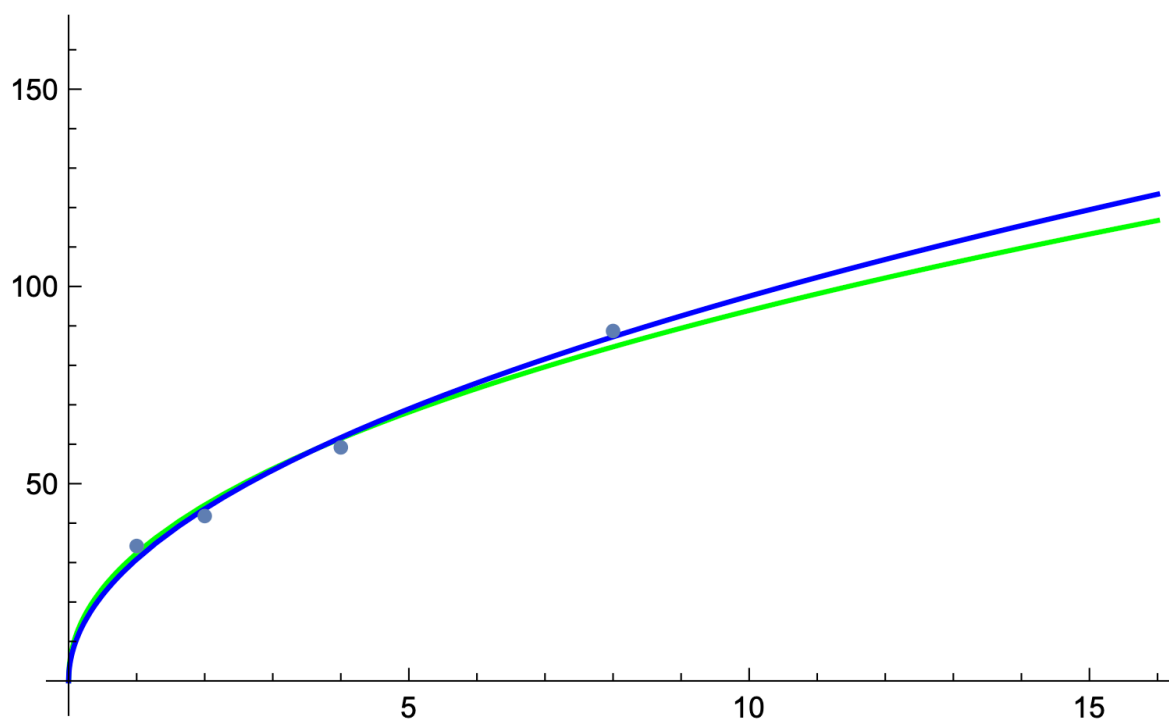
Таблица 1. Первые четыре строки таблицы из Аппендикса А обсуждаемой статьи

Если взять $A=30$, четыре точки из таблицы 1 достаточно пристойно аппроксимируются кривой At^B (при $B=1/2$), как видно из рисунка ниже. Через 16 лет при такой аппроксимации глубина коррозии будет равна 120 мкм.



Используя любой доступный тебе способ (например, метод наименьших квадратов или «фитирование» данных в Excel, документах Google, Origin, Wolfram Alpha, Wolfram Mathematica, Maple, Matlab и т.д.), получи более точную оценку параметров A и B для тех же данных из таблицы 1.

Фитирование по методу наименьших квадратов даёт $A \approx 30.84$, а значение B отличается от 0.5 только в пятом знаке после запятой. Если делать фитирование в логарифмическом масштабе, получится $A \approx 32.35$, $B \approx 0.46$. Отличия между этими ответами небольшие, но и не несущественные. Более правильным является фитирование без использования логарифмического масштаба. На рисунке ниже зелёным показан график, который соответствует $A \approx 32.35$, $B \approx 0.46$, синий цвет соответствует $A \approx 30.84$, $B \approx 0.5$.



С помощью обучения нейросети или при помощи фитирования в любом доступном тебе пакете (например, Excel Solver или Google Solver) построй график зависимости глубины коррозии стали от концентрации SO_2 в интервале от 0 до 150 мг/м³. Время коррозии возьми равным двум годам. Остальные параметры зафиксируй такими, какие тебе больше нравятся (но пусть они не сильно отличаются от тех, что

есть в статье)! Таблицу с опытными данными (из Аппендикса А статьи) в формате .csv ты можешь выгрузить отсюда⁴.

Для фитирования можешь воспользоваться приближённой формулой

$$C = At^B \left(\frac{TOW}{D} \right)^E \left(1 + \frac{SO_2}{F} \right)^G \left(1 + \frac{Cl^-}{H} \right)^I e^{J(T+T_0)}$$

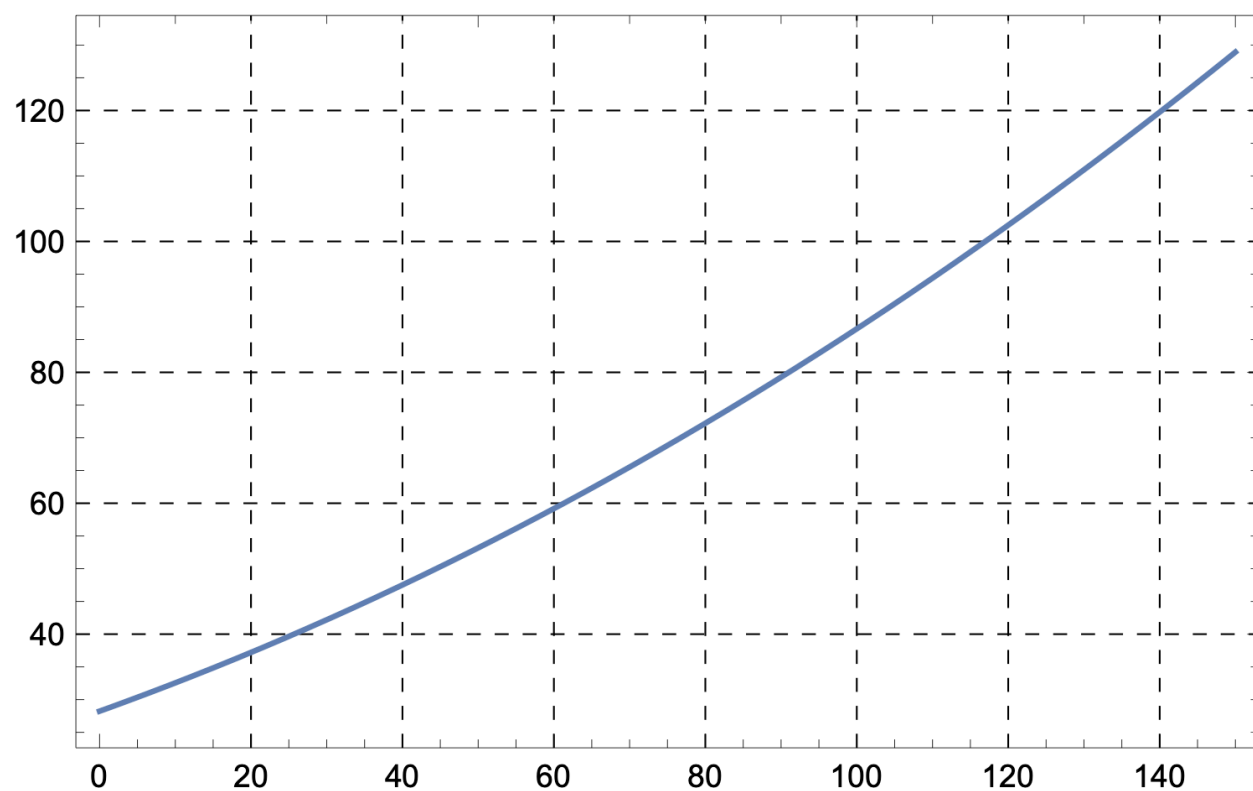
где C — глубина коррозии, t — время коррозии, TOW — значение TOW , SO_2 — концентрация SO_2 , Cl^- — скорость отложения Cl^- , T — температура, а все остальные буквы — параметры. Покажи также, как ты получил график (пришли файл с кодом, таблицу Excel или хотя бы скриншот).

Делать нелинейное фитирование по всей имеющейся таблице данных может быть достаточно затратно (или даже невозможно) для некоторых пакетов при наличии такого большого числа параметров. Гораздо проще сделать линейное фитирование. Если прологарифмировать обе части формулы, то по переменным $\log(C)$, $\log(t)$, $\log(TOW)$, T полученная функция будет линейной. Проблема заключается в том, что по параметрам SO_2 , Cl , линейной она не будет. Эту проблему можно обойти, разлагая логарифмы, содержащие эти параметры, по формуле Тэйлора до квадратичных членов. Это адекватное приближение, если параметры F , H не слишком малы. Далее можно сделать линейное фитирование по переменным $\log(C)$, $\log(t)$, $\log(TOW)$, T , SO_2 , SO_2^2 , Cl , Cl^2 и сравнить коэффициенты перед SO_2 , SO_2^2 , Cl , Cl^2 , чтобы восстановить параметры F , G и H , I . Прodelывая все эти операции и переходя обратно к линейным масштабам, получаем такую аппроксимацию:

$$C \approx 23.4 t^{0.67} TOW^{0.41} \left(1 + \frac{SO_2}{145} \right)^{2.14} \left(1 + \frac{Cl}{475} \right)^{3.33} e^{0.017T}$$

где все константы мы «собрали» в один префактор 23.4. Для значений $Cl=4$, $T=12$, $TOW=0.29$, $t=2$, получим такой график зависимости предсказанной глубины коррозии от величины SO_2 :

⁴ <https://goo.su/ptBjA9>



Критерии оценивания

№	Критерий	Балл
1	Приведено уравнение реакции $\text{Mn}(\text{OH})_2$ до $\text{Mn}(\text{OH})_3$ растворённым в воде кислородом (в щелочной среде).	0-2
2	Приведено уравнение реакции окисления иодида калия с помощью $\text{Mn}(\text{OH})_3$.	0-2
3	Приведено уравнение иода с тиосульфатом натрия. + 1 балл за предложенный индикатор.	0-2
4	Определена КРК исследуемого образца воды.	0-2
5	+ 1 балл — приведена хотя бы одна реакция, описывающая ржавление железа (могут быть разные реакции), и описано влияние диоксида серы. + 1 балл — за роль хлорида.	0-2
6	+ 1 балл — полученное значение А попало в промежуток от 25 до 35. + 1 балл — получено значение для глубины коррозии, в 4 раза большее полученного значения для А.	0-2
7	Получен любой из двух приведённых ответов.	0-2
8	+ 1 балл за полученную аппроксимацию. + 1 балл — за построенный график (он обязательно должен быть впуклым, монотонно возрастающим).	0-2