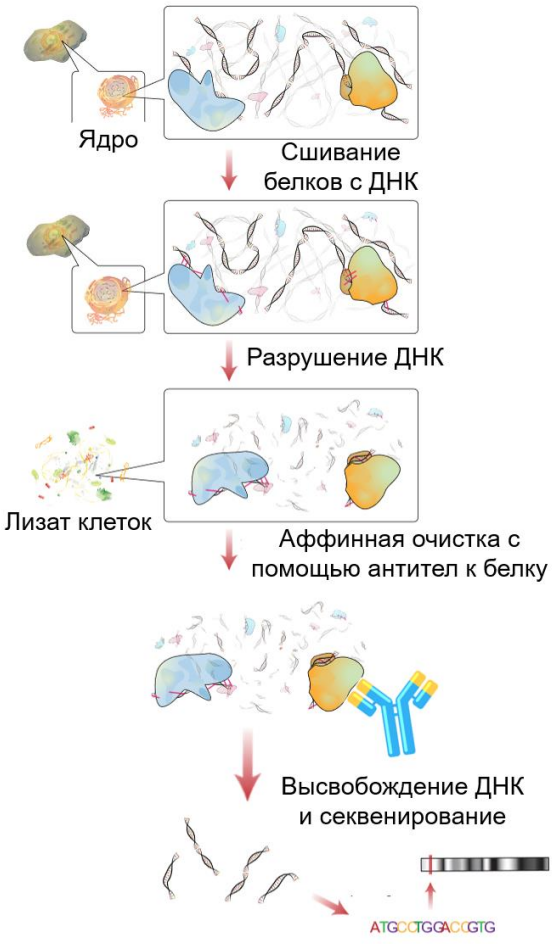
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
БИОЛОГИЯ. 2026–2027 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 11 КЛАСС
ЗАДАНИЯ

Часть 1

На каждый вопрос даны четыре варианта ответа. Выберите только один правильный. Максимальный балл за каждое задание – 5.

Задание 1.1

Для изучения белков, связывающихся с ДНК, очень важно знать участок последовательности ДНК, где происходит связывание. Метод ChIP-seq[1] позволяет определить такой участок для определённого белка. Сначала белки и связанную с ними ДНК в ядре химически сшивают, а затем фрагментируют ДНК, например, ультразвуковой обработкой. К полученным комплексам белок-ДНК добавляют специфические антитела к определённому ДНК-связывающему белку. Затем с помощью неподвижной фазы хроматографической системы, аффинной к антителам, очищают антитело и связанный с ним комплекс белок-ДНК. Полученную ДНК отделяют и секвенируют. Выберите верное утверждение.

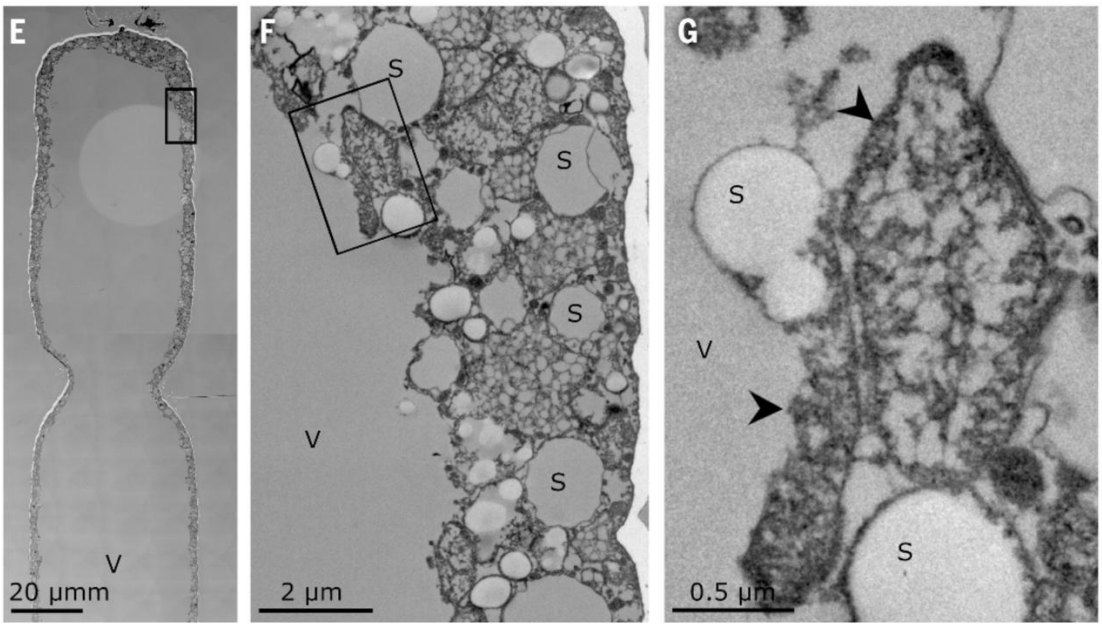


[1] https://drive.google.com/file/d/1xM_yILzZeZaETwbh-qD6YuQzbef_fNEa/view?usp=sharing

- Методом CHIP-Seq можно узнать, какие участки ДНК пространственно сближены в ядре.
- Химическое сшивание ДНК с белком в методе CHIP-Seq приводит к разрушению ДНК рядом с белком.
- Выявленный участок ДНК, где связывается белок, не может находиться на расстоянии больше 1000 пар оснований от начала гена, экспрессию которого он регулирует.
- С помощью описанного метода можно выявить участки генома, ассоциированные с определённым исследуемым белком.

Задание 1.2

Thiomargarita magnifica – гигантская сероокисляющая бактерия[2] из мангров Гваделупы, клетки которой могут быть видны невооружённым глазом. Большую часть внутреннего объёма её клетки занимает крупная вакуоль, а метаболически активная цитоплазма располагается тонким слоем по периферии.



Какое преимущество такого строения наиболее вероятно?

- Крупная вакуоль увеличивает отношение площади наружной поверхности клетки к общему объёму клетки.
- Тонкий периферический слой цитоплазмы сокращает расстояния, которые веществам приходится преодолевать диффузией внутри клетки.
- Вакуоль полностью заменяет клеточную мембрану в процессах транспорта веществ.
- Наличие вакуоли позволяет бактерии отказаться от процессов активного транспорта.

[2] https://drive.google.com/file/d/1d2UHHx94wX1NwmQqcVN_WdVJXYrumUrn/view?usp=sharing

Задание 1.3

Культуру кишечной палочки обработали высокой дозой ампициллина, антибиотика, который убивает делящиеся клетки. Через час жизнеспособными оставались около 1 % клеток. К третьему часу эта доля снизилась примерно до 0,1 %, а в следующие три часа оставалась около этого уровня. Выжившие клетки отмыли от антибиотика и вырастили заново. В новой культуре при повторной обработке ампициллином повторилась такая же картина: быстрое падение численности, затем плато на уровне около 0,1 %. Минимальная подавляющая концентрация антибиотика не изменилась. Какое объяснение согласуется с этими наблюдениями?

- В популяции была небольшая доля клеток с мутациями, дающими устойчивость к ампициллину, они и размножились.
- Выжившие клетки захватили плазмиду с геном β-лактамазы, которая разрушила антибиотик.
- Клетки, выжившие на плато, – это персистеры, которые временно находились в состоянии покоя или очень медленного роста и оказались нечувствительными к антибиотику без генетических изменений.
- Антибиотик распался за час, и оставшиеся клетки просто продолжили расти.

Задание 1.4

Известно, что у цианобактерий есть внутриклеточные тилакоидные мембраны, играющие роль, аналогичную ламеллам хлоропластов. Однако не только клетки синезелёных водорослей могут похвастаться наличием функциональных впячиваний плазматической мембраны. У каких бактерий, скорее всего, **нельзя найти** развитые впячивания мембраны?

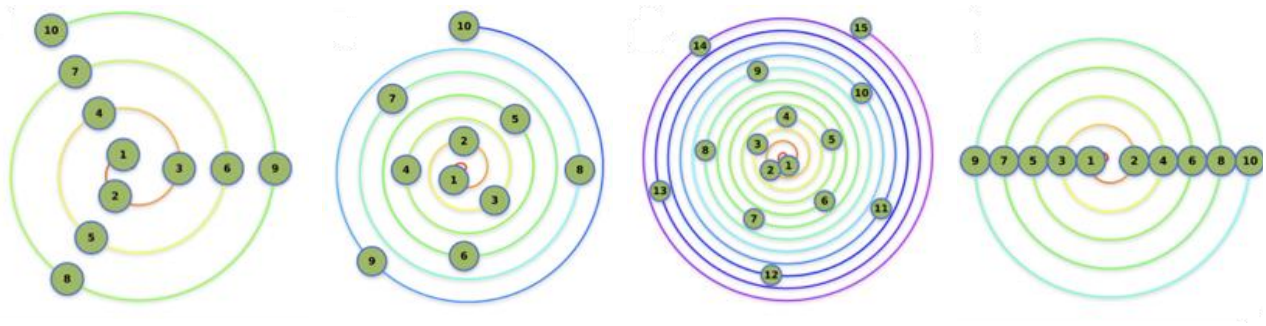
- пурпурные бактерии
- нитрификаторы
- маслянокислые бактерии
- метанотрофы

Задание 1.5

При морфологическом описании растений важной характеристикой является филлотаксис – порядок расположения листьев на оси побега. Формула листорасположения записывается в виде дроби, где числитель указывает количество полных оборотов генетической спирали в листовом цикле, а знаменатель – количество листьев в одном цикле. Листовой (или ортостишный) цикл – это отрезок генетической спирали между двумя ближайшими листьями, находящимися на одной и той же вертикальной линии (ортостихе). То есть это путь по спирали от некоторого листа N до листа $N + k$, который расположен точно над ним.

Для наглядности исследователи строят диаграммы филлотаксиса – проекции побега на плоскость (вид сверху), где более молодые листья располагаются ближе к центру (к апексу), а более старые – снаружи.

Из приведённых ниже диаграмм выберите ту, которая соответствует филлотаксису с формулой 1/3, углом дивергенции 120°.

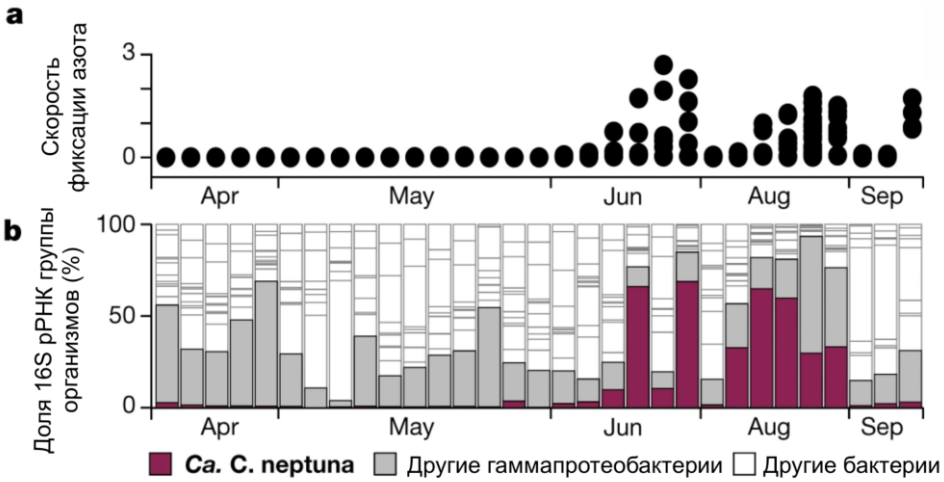


Ответ:

Задание 1.6

Posidonia – род однодольных морских цветковых растений с девятью видами, населяющими воды Средиземного моря и прибрежные воды Австралии. В корнях этих растений, во внутренних тканях кортекса, живёт целое сообщество бактерий с разными метаболическими возможностями.

В исследовании для корней посидоний измерили скорость фиксации азота в течение нескольких месяцев – от апреля до сентября. На графике **a** каждая точка отображает скорость процесса у отдельно измеренных растений. Дополнительно из фрагментов кортекса корней выделили библиотеку последовательностей 16S рРНК. Это консервативная молекула (с низкой скоростью эволюции), по которой можно установить таксономическую принадлежность бактерий. Полученная библиотека позволила определить долю 16S рРНК разных бактерий. На графике **b** для индивидуальных растений показана доля разных групп бактерий. Одна из бактерий, *Ca.* C. *neptuna*, населяющая межклеточное пространство кортекса корня и способная к фиксации азота, оказалась связана с изменением скорости фиксации азота у подводного растения.



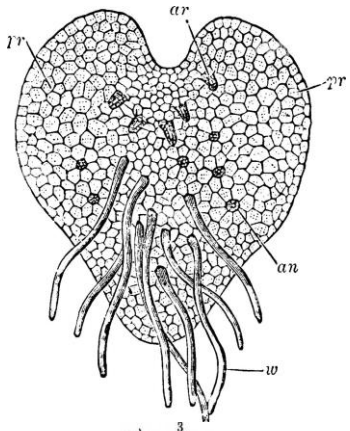
Изучите полученные данные и выберите верное утверждение[3].

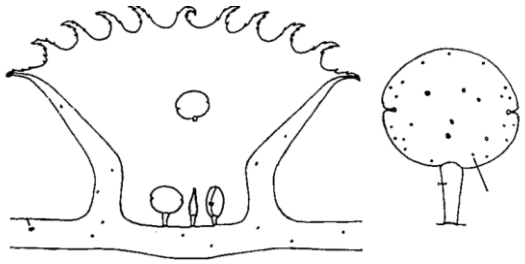
- Видовой состав микробного сообщества кортекса корня посидонии постоянен в течение года исходя из полученных данных.
- Судя по результатам, скорость фиксации азота максимальна в те периоды года, когда посидония испытывает недостаток кислорода в воде, что согласуется с представлением о невозможности работы фермента нитрогеназы в аэробных условиях.
- Увеличение доли 16S рРНК *Ca.* C. neptuna в июне и августе можно связать с увеличением толщины корня за счёт деятельности камбия и созданием в межклеточном пространстве анаэробных условий.
- Различия в интенсивности фиксации азота могут быть связаны не только с относительной численностью азотфиксирующих бактерий, но и с различиями в их метаболической активности.

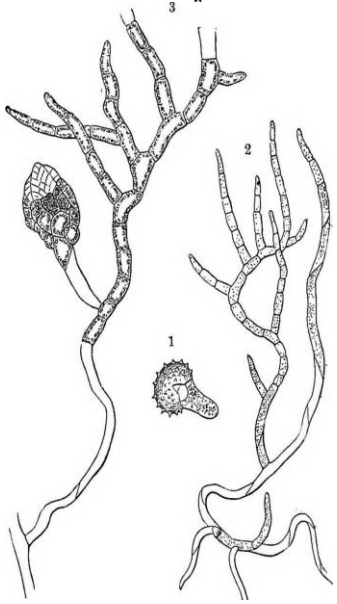
[3] https://drive.google.com/file/d/1zx8M2lX11gPtujYivdqw0L5Evts_-N4y/view?usp=drive_link

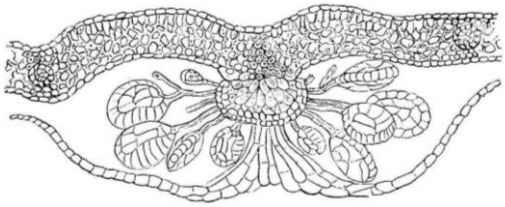
Задание 1.7

Только что написанный учебник по биологии попал в руки редактору, ничего не помнящему из уроков ботаники. Какое из представленных ниже изображений[4] он должен поместить в раздел «Способы вегетативного размножения печёночников»?









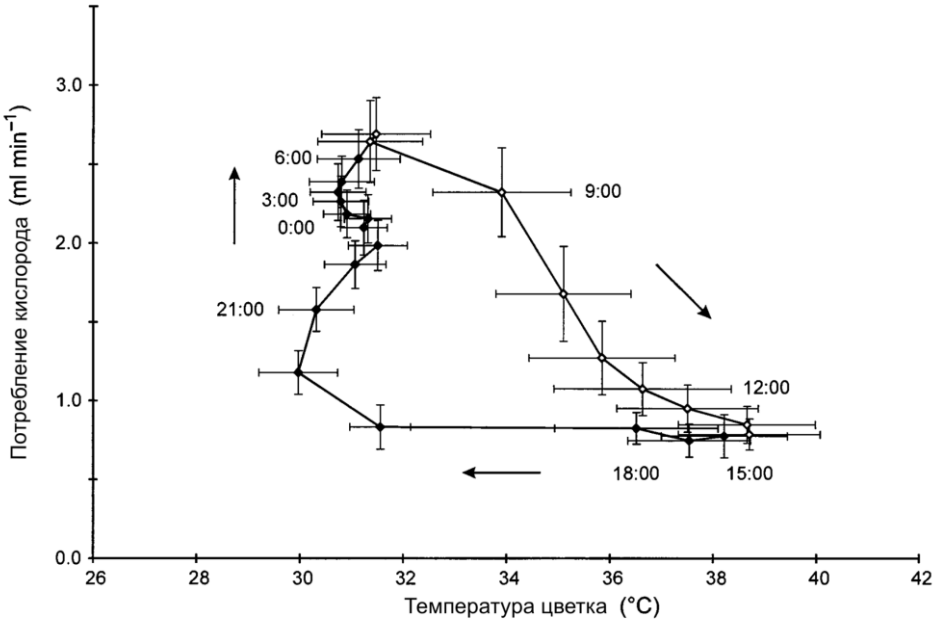
Ответ:

[4] this-is-a-structure-of-young-prothallus-of-fern-it-has-following-organs-prothallus-root-hairs-antheridia-archegonia-vintage-line-drawing-or-engra-T5N7G7.jpg
Schematic-cross-section-of-the-thallus-of-M-polymorpha-at-the-level-of-a-gemma-cup-A.png
the-natural-history-of-plants-their-forms-growth-reproduction-and-distribution-botany-fig-398mosses-1-a-germinating-spore-2-a-moas-protonema-s-protonema-giving-rise-to-a-bud-from-which-will-arise-a-leafy-moss-shoot-4-longitudinal-section-of-the-tip-of-a-male-shoot-of-a-moss-small-club-shaped-antheridia-are-present-between-the-scales-5-tip-of-a-female-shoot-with-archegonia-two-of-them-containing-sporogoniums-have-enlarged-and-in-the-left-hand-one-of-these-two-the-upper-part-of-the-archegonium-calyptra-has-been-torn-from-the-basal-portion-leafy-female-shoot-bearing-a-fu-PG2MXW.jpg
fougre-sore-recouvert-dindusie-JG17A6.jpg

Задание 1.8

Цветки лотоса в период цветения способны разогреваться. Предполагается, что термогенез может способствовать развитию репродуктивных структур и распространению летучих веществ, привлекающих опылителей.

Исследователи решили выяснить, какой вклад в изменение температуры цветка вносит потребление кислорода.



На графике[5] показана зависимость между скоростью потребления кислорода, температурой цветка и временем суток в течение 24-часового интервала. Время суток указано рядом с соответствующими точками. На графике представлены средние величины и 95 %-ные доверительные интервалы для 18 цветков. Светлые кружки соответствуют повышению температуры, закрашенные – её понижению.

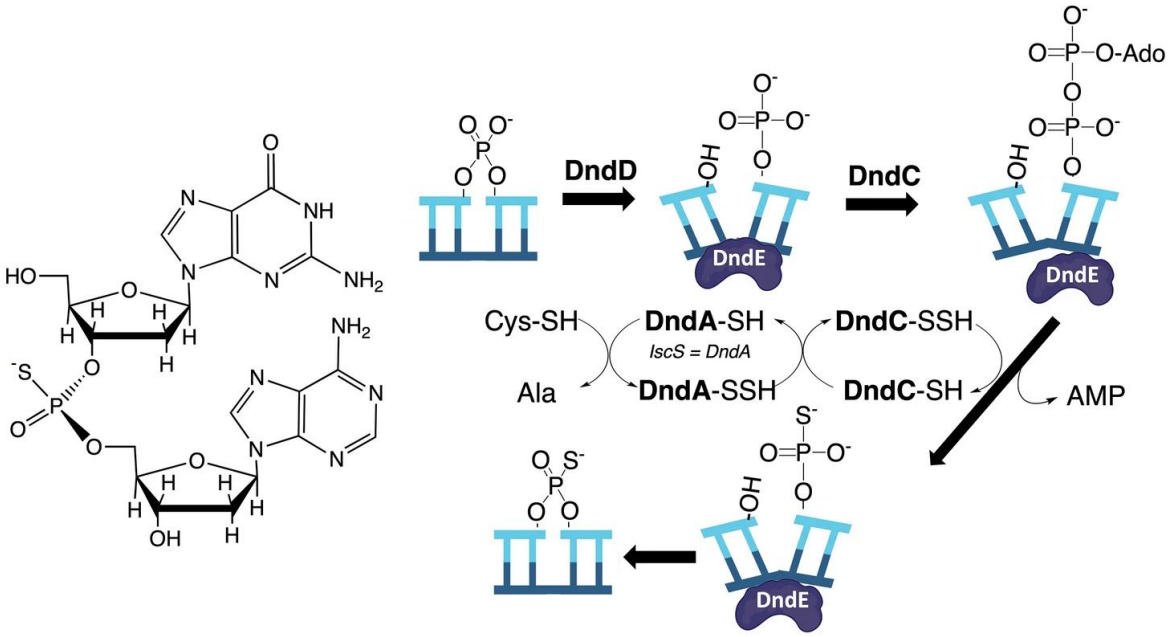
Выберите объяснение, которое не противоречит полученным данным

- Согласно данным исследования производство тепла в цветке лотоса происходит только в результате реакций аэробного дыхания.
- Из данных исследования следует, что ткани цветка способны сохранять и удерживать теплоту, выделенную в результате кислород-зависимых экзотермических реакций.
- Понижение температуры цветка в вечернее время может быть следствием как низкой скорости потребления кислорода, так и понижения температуры воздуха.
- Снижение потребления кислорода с 9:00 до 21:00 связано с недостатком кислорода в тканях цветка и переходом растения на спиртовое брожение.

[5] https://drive.google.com/file/d/174eYuEYBI099qf0n3GrV-zgOwRXRbQ7K/view?usp=drive_link

Задание 1.9

Не так давно (около 20 лет назад) у бактерий был открыт необычный вариант модификации ДНК – фосфоротиоатная модификация, за которую отвечает локус dnd.[6]



Какую из перечисленных функций может выполнять фосфоротиоатная модификация ДНК в составе бактериальной системы рестрикции–модификации?

- уменьшение отрицательного заряда ДНК и облегчение её компактизации
- мечение собственной ДНК бактериальной клетки в рамках защиты от бактериофагов
- придание геномной ДНК бактерии каталитической активности
- мечение той цепи геномной ДНК, комплементарно которой во время репликации будет синтезироваться лидирующая цепь

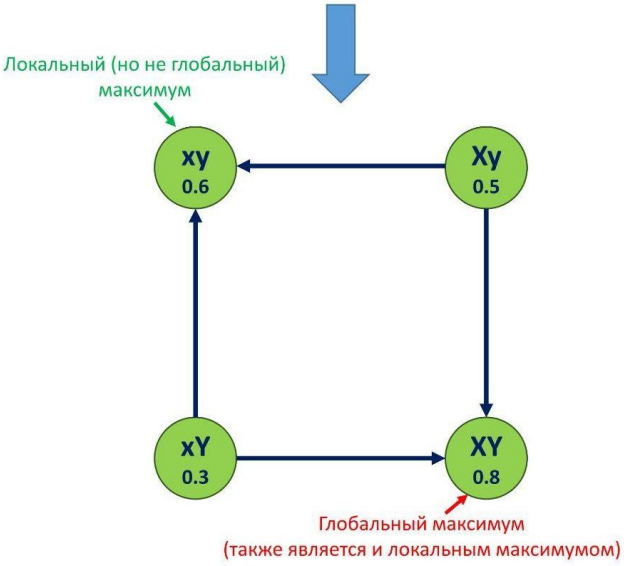
[6] https://drive.google.com/file/d/1uMaWRrndscgA8mwgTv0icBlMvPqzpuVi/view?usp=drive_link

Задание 1.10

Адаптивный ландшафт – концепция в эволюционной биологии, описывающая связь между генотипом или фенотипом организма и его приспособленностью. Например, можно сконструировать адаптивный ландшафт для двух взаимодействующих генов (X и Y) в популяции гаплоидного организма, у каждого из которых есть 2 аллеля (X и x, Y и y) и вклад в приспособленность каждого аллеля зависит от присутствующего в генотипе аллеля другого гена (такое взаимодействие называют эпистатическим). При этом общую приспособленность можно рассчитать как среднее вкладов от каждого гена.

Если предположить, что возможен переход только между генотипами, отличающимися по аллелям одного гена, то адаптивный ландшафт можно представить в виде квадратного графа (см. рисунок ниже).[7] Стрелками показаны вероятные переходы в сторону увеличения приспособленности.

	Вклады в приспособленность		
Генотип	X	Y	Приспособленность
xy	0.8	0.4	0.6
Xy	0.5	0.5	0.5
xY	0.2	0.4	0.3
XY	0.7	0.9	0.8

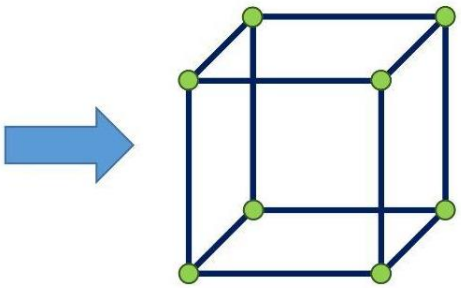


В 2198 году в образцах воды с планеты Эдмундс астробиологи обнаружили вирусоподобные агенты, поражающие местные одноклеточные организмы. У этих инопланетных вирусов было идентифицировано 3 гена (A, B и C). В дальнейших исследованиях учёные выяснили, что в разных изолированных линиях этого вируса для каждого из этих генов существует 2 варианта. Локальный максимум – генотип, приспособленность которого выше приспособленности всех генотипов, отличающихся от него заменой ровно одного аллеля. Глобальный максимум – самый приспособленный генотип для определённых условий среды.

[7] https://drive.google.com/file/d/16XV0JCkuImp4ZTySWvmjXyl79gSVHGyh/view?usp=drive_link
https://drive.google.com/file/d/1H7ujknEbNuWDW1OWTm66y3zYJ9zSkiwK/view?usp=drive_link

Экспериментально измерив эффективность прохождения цикла заражения и размножения для вирусов со всеми возможными комбинациями аллелей, исследователи оценили приспособленность каждого генотипа. Эти данные приведены в таблице ниже.

Генотип	Приспособленность
abc	0.70
Abc	0.30
aBc	0.25
abC	0.10
ABc	0.75
AbC	0.40
aBC	0.50
ABC	1.00

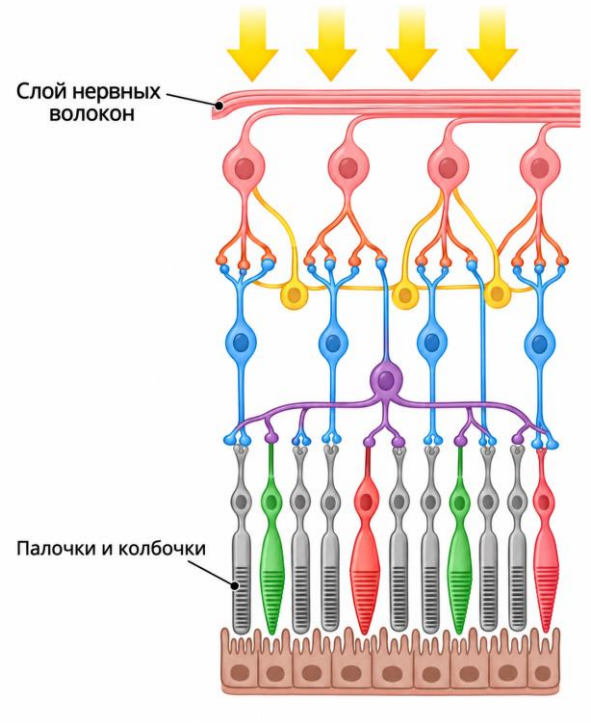


Вам предлагается реконструировать адаптивный ландшафт для этих трёх генов (теперь его можно представить в виде кубического графа) и определить верное утверждение.

- Глобальному максимуму приспособленности соответствует генотип ABC.
- Генотипу ABc соответствует локальный, но не глобальный максимум приспособленности.
- В данном случае есть всего три локальных максимума приспособленности.
- Генотипы ABC и aBc являются локальными максимумами приспособленности в представленном адаптивном ландшафте.

Задание 1.11

На рисунке[8] представлена схема строения сетчатки глаза. Палочки и колбочки воспринимают световые раздражители, а нервные волокна передают полученную информацию в головной мозг. Предположим, что часть волокон зрительного нерва была повреждена, при этом соответствующие палочки и колбочки сетчатки сохранили свою функцию. Какое последствие наиболее вероятно в этой ситуации?

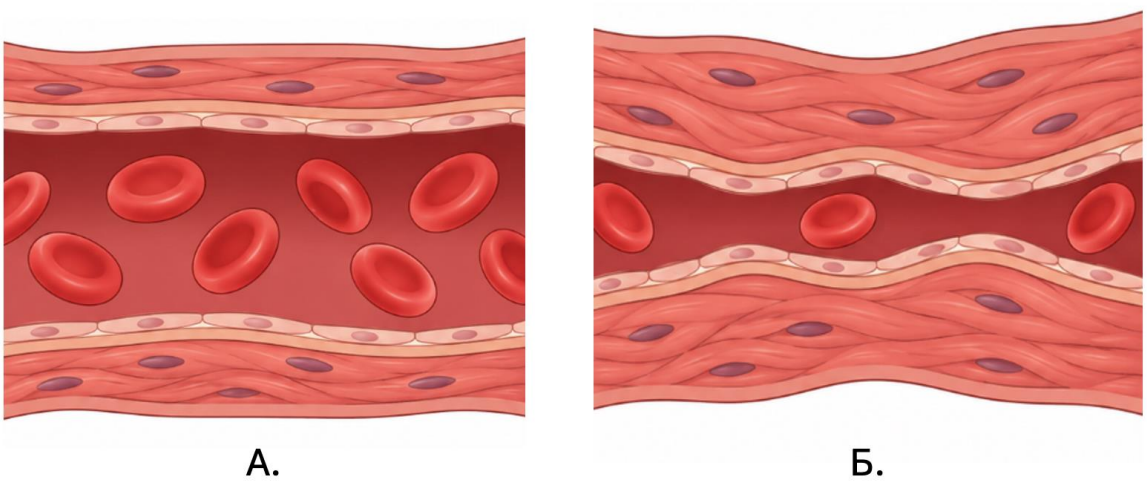


- восприятие света фоторецепторами сохранится, но передача информации от соответствующего участка сетчатки в головной мозг нарушится
- передача информации в головной мозг сохранится, но соответствующие фоторецепторы перестанут воспринимать свет
- зрительная информация от повреждённого участка будет передаваться в мозг по соседним неповреждённым волокнам без заметных изменений
- повреждение зрительного нерва повлияет только на движение глазного яблока, не изменяя передачу зрительной информации

[8] https://drive.google.com/drive/folders/1ktfDA_vNvRLHxDu1SoI9wAoqFG7Pa-7Z?usp=sharing

Задание 1.12

На картинке[9] показана артериола в двух состояниях (А и Б). Какое утверждение наиболее точно описывает состояние Б?

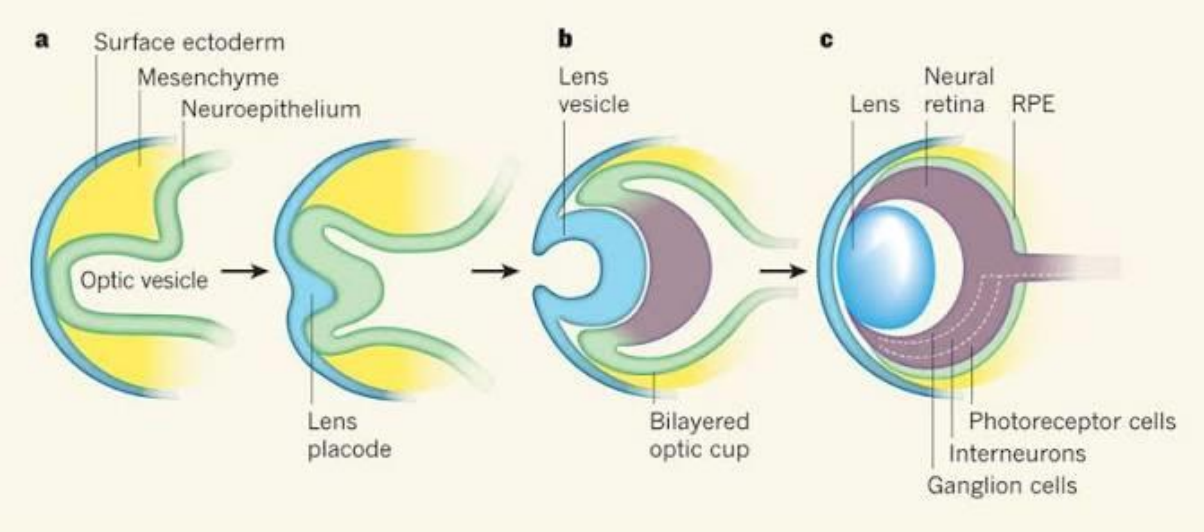


- изменение просвета артериолы приведёт к уменьшению притока крови к капиллярам данного участка
- расслабление гладких мышц стенки уменьшает кровоток через артериолу
- увеличение способности эритроцитов переносить кислород
- изменение просвета артериолы не влияет на распределение крови между органами

[9] https://drive.google.com/drive/folders/1ktfDA_vNvRLHxDu1SoI9wAoqFG7Pa-7Z?usp=sharing

Задание 1.13

Рассмотрите схему[10] развития глаза млекопитающих. Зелёным обозначен нейроэпителий, жёлтым – мезенхима, синим – эктодерма. Выберите верное утверждение.

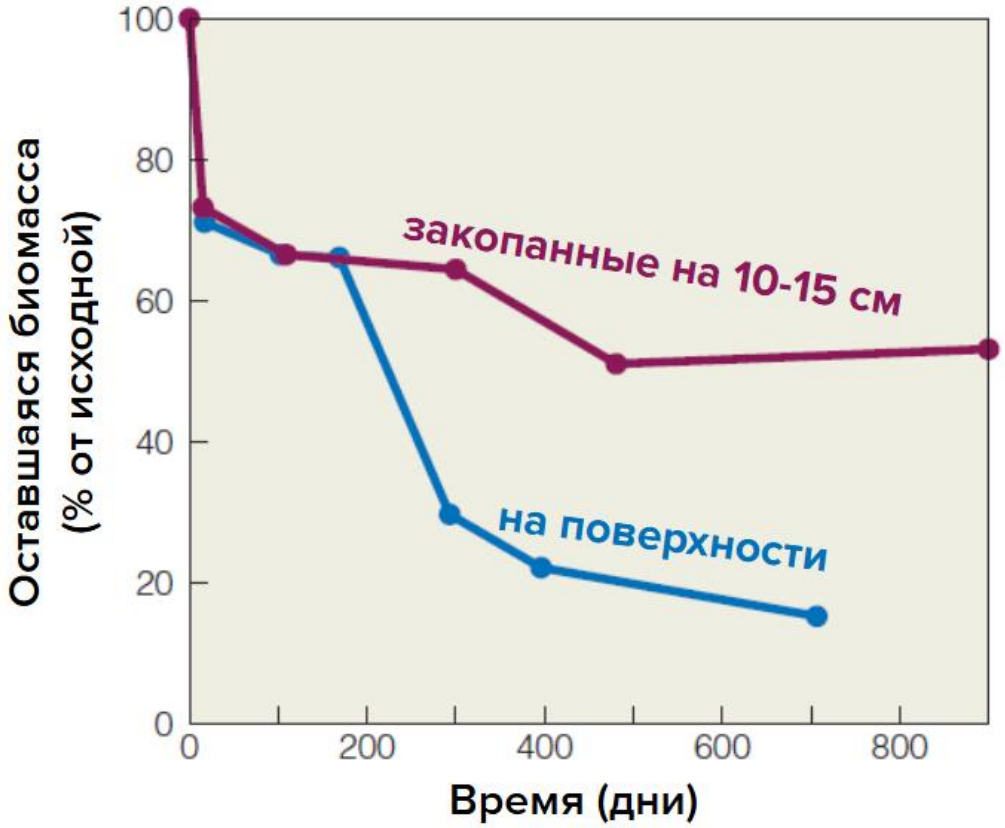


- Хрусталик развивается из клеток мезенхимы.
- Рецепторные клетки сетчатки формируются из зачатка, общего с нервной тканью головного мозга.
- Стекловидное тело является производным нейроэпителия.
- Роговица глаза и хрусталик развиваются из разных зачатков.

[10] https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRrSm1wwQG8pD4wBoq-AuRo8sHv4rtQLvtNA2VaBoWP63-LF-tofLcBd7le&s=10

Задание 1.14

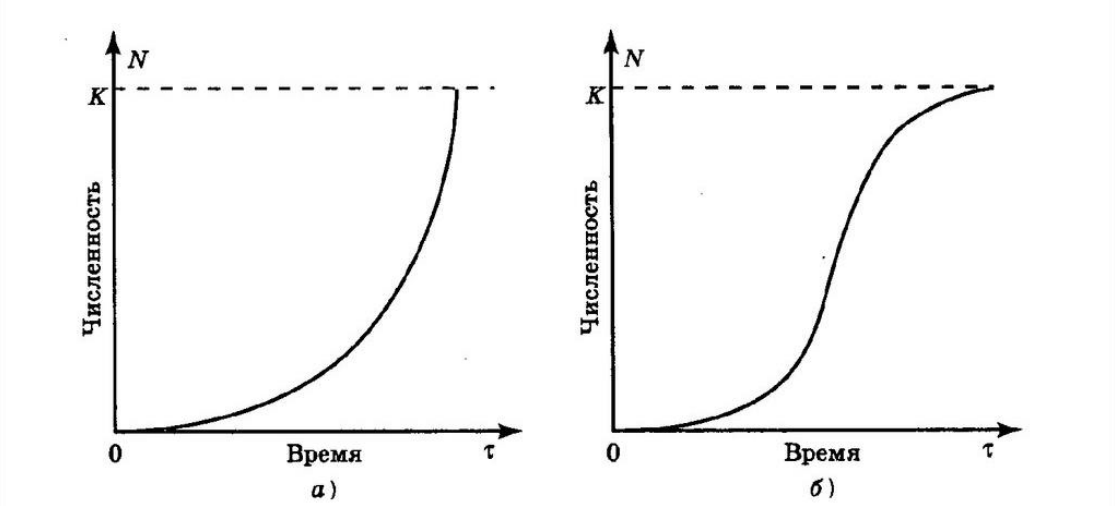
Неотъемлемой частью экосистем является разложение органических веществ, осуществляемое организмами-редуцентами. На графике ниже представлены результаты эксперимента по изучению скорости разложения прибрежного злака на болоте. В этом эксперименте части растения оставляли либо на поверхности болота, либо закапывали на глубину 10–15 см. Деятельность каких организмов объясняет более быстрое разложение растительных остатков на поверхности болот?



- анаэробные бактерии
- животные фитофаги
- грибы и грибоподобные организмы
- цианобактерии

Задание 1.15

Графики[11] ниже отражают темпы роста численности двух популяций, находящихся в разных средах обитания. Параметр K показывает ёмкость среды. Время, прошедшее с момента начала роста численности, и начальную численность, примем за одинаковые для обеих популяций. Выберите верное утверждение, характеризующее данные кривые роста.



- Ёмкость среды для популяции Б значительно ниже, чем для популяции А на приведённых графиках
- Кривая А соответствует экспоненциальному росту, а кривая Б – логистическому
- При достижении ёмкости среды популяция продолжает расти, но снижает скорость роста численности
- При увеличении числа особей в популяции происходит неуклонное снижение скорости увеличения численности

[11] https://ppt-online.org/312202

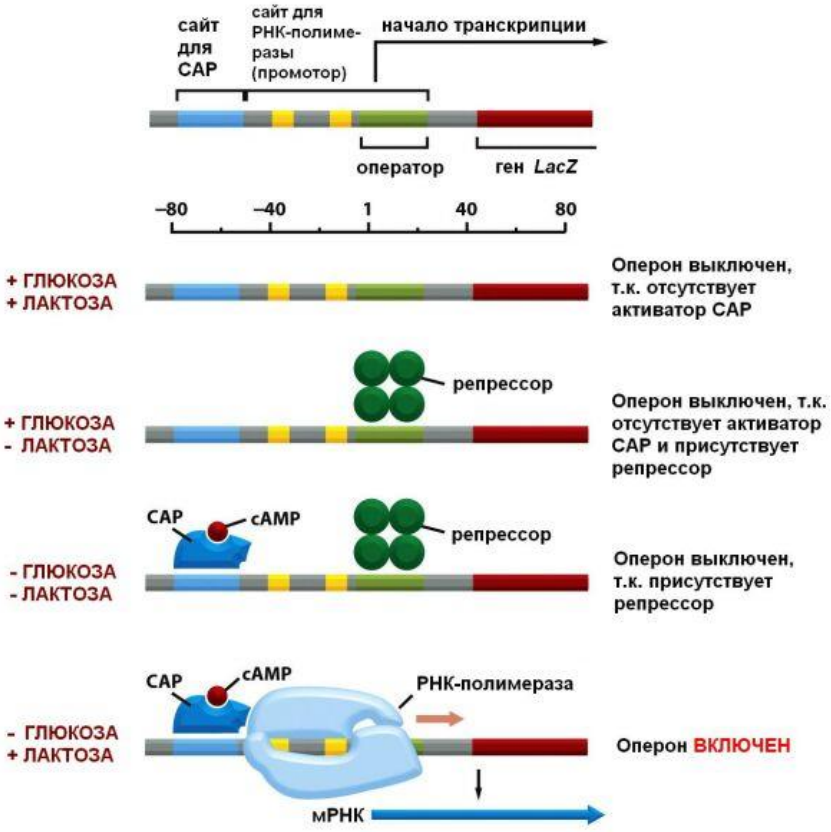
Задание 1.16

Процесс «синхронизации» клеток, выращиваемых в лабораторных условиях, заключается в приостановке клеточного цикла и концентрации клеток в определённой его фазе. Один из вариантов синхронизации осуществляется с помощью колхицина – ингибитора сборки микротрубочек. В какой фазе клеточного цикла концентрируются клетки в данном случае?

- пресинтетический период (G1-фаза) – 2n2c
- синтетический период (S-фаза) – 2n2c->2n4c
- постсинтетический период (G2-фаза) – 2n4c
- митоз (M)

Задание 1.17

Изучите схему[12] работы лактозного оперона кишечной палочки (*Escherichia coli*). Какой из перечисленных белков специфически распознаёт оператор лактозного оперона и препятствует его транскрипции при отсутствии индуктора?



- активатор CAP
- белок-репрессор
- РНК-полимераза
- цАМФ (cAMP)

[12] https://ic.pics.livejournal.com/galicarnax/12847515/40112/40112_original.jpg

Задание 1.18

На микрофотографии[13] показаны клетки пыльника растения после завершения деления материнских клеток. Видны группы по четыре дочерние клетки.



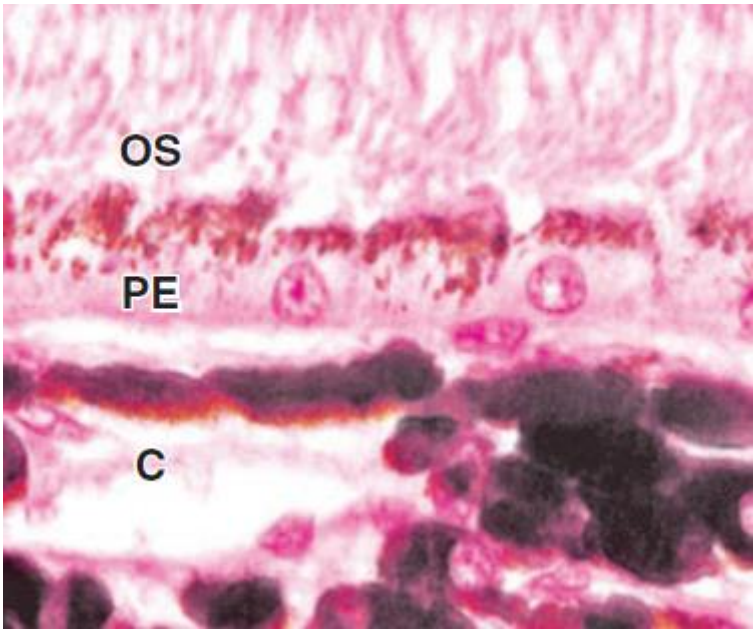
Какое утверждение верно?

- Четыре клетки образовались в результате двух последовательных делений, между которыми не происходило повторной репликации ДНК.
- Каждая из четырёх клеток имеет такой же набор хромосом, как исходная материнская клетка.
- Эти четыре клетки образовались в результате четырёх последовательных митозов.
- После первого деления материнской клетки число хромосом в каждой дочерней клетке не изменилось.

[13] https://images.openai.com/static-rsc-4/Jr2tP6ryYEPrMnb8nreJcmubb6A6gzaHx4lyGGaCrbXBKic6y-tC-KDGg1q3IUjtCrgtvupxNL9kzCR7EnfvI7NYAlA2qsNyOLX3SvYZV7zpf9LEmFjMNN0PRxdwrcKOqYcYPssWb3DtIZhD8aG0wqY2Q-M0IN6fwmcsFTfT5uzmKJ_lDcZ_AaPjK-eoGzFh?purpose=fullsize

Задание 1.19

На препарате[14] ниже представлен фрагмент сетчатки человека, на котором отмечен слой пигментных клеток (PE). Благодаря этому слою происходит поглощение лучей света, которое повышает чёткость и контрастность зрения. Какой пигмент накапливается в этих клетках?

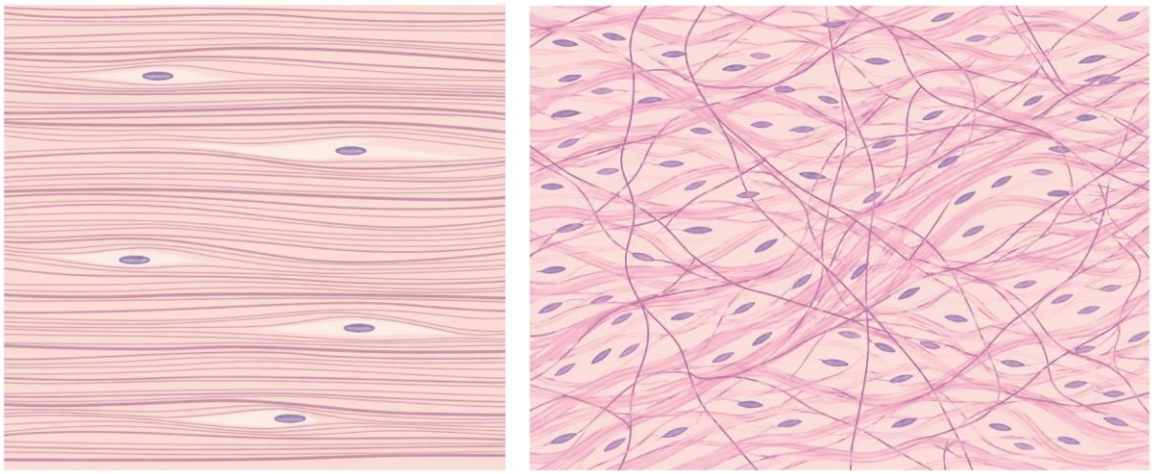


- родопсин
- меланин
- билирубин
- хлорофилл

[14] https://drive.google.com/file/d/1j4ldxTcjSlSY6Zlyl4aceQdGnimNKZaH/view?usp=drive_link

Задание 1.20

На рисунках[15] А и Б показаны два типа соединительной ткани.



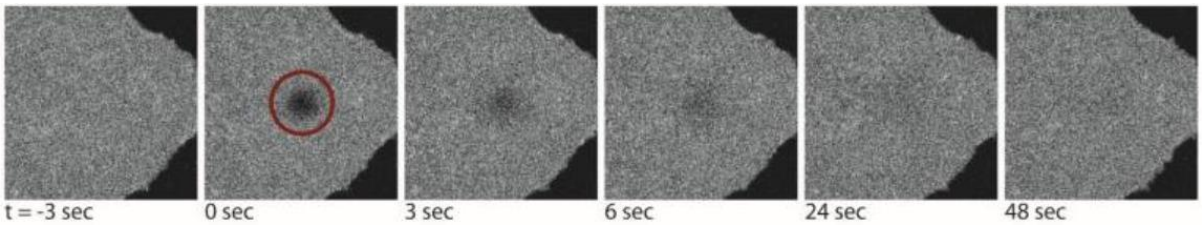
А. Б.

Выберите верное утверждение.

- Ткань Б лучше приспособлена к нагрузке, направленной преимущественно вдоль одной оси.
- Ткань А характерна для структур, которым требуется высокая прочность на растяжение.
- Обе ткани одинаково хорошо сопротивляются растяжению независимо от направления нагрузки.
- Связки преимущественно построены из ткани Б.

Задание 1.21

На микрофотографиях ниже представлен результат эксперимента FRAP. В этом эксперименте использовали живые клетки, содержащие флуоресцентно меченный трансмембранный белок. В момент «0 sec» клетку освещали очень мощным пучком лазера в зоне, отмеченной кругом. Какое свойство биологических мембран демонстрирует данный эксперимент?



- асимметричность
- текучесть (подвижность)
- гидрофобность
- двуслойность

[15] https://drive.google.com/drive/folders/1ktfDA_vNvRLHxDu1SoI9wAoqFG7Pa-7Z?usp=sharing

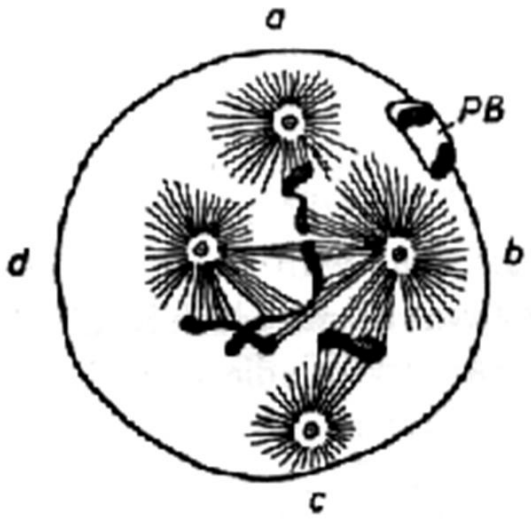
Задание 1.21

Какой из перечисленных полисахаридов обычно служит источником усвояемой глюкозы у человека?

- крахмал
- пектин
- целлюлоза
- гемицеллюлоза

Задание 1.22

В начале XX века Теодор Бовери обнаружил, что у морских ежей при диспермии (с одной яйцеклеткой сливается 2 сперматозоида) последующее митотическое деление зиготы происходит необычным образом. Получающиеся в результате клетки являются анеуплоидами (количество хромосом не кратно гаплоидному набору). Свою статью об этом наблюдении он сопроводил данным рисунком. Изучите рисунок[16] и предположите, с чем связан такой необычный процесс митоза при диспермии?

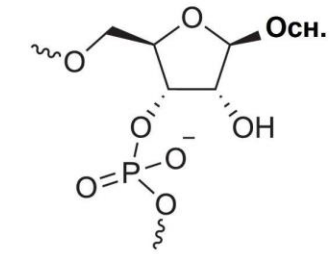


- Морские ежи являются тетраплоидными.
- При диспермии в зиготу поступают дополнительные центриоли, что приводит к формированию многополюсного веретена деления.
- Из-за избытка генетического материала при делении образуются биваленты.
- Из-за избытка генетического материала в клетке образуются 4 ядрышка.

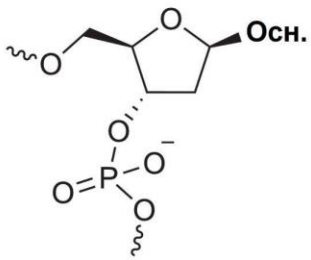
[16] https://drive.google.com/file/d/1sCwA4GYeylGF2tDtnY7jJqR0kNxU-qqK/view?usp=drive_link

Задание 1.24

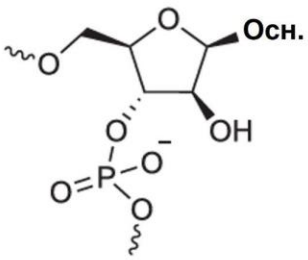
ДНК и РНК – природные молекулы, хранящие и передающие генетическую информацию. По аналогии с этими молекулами учёные могут синтезировать аналоги – ксенонуклеиновые кислоты. На рисунке[17] представлены схемы строения мономерных звеньев цепей ДНК и РНК, а также мономеров двух видов ксенонуклеиновых кислот: арабинонуклеиновой (АНК) и ксилонуклеиновой кислот (КсилоНК), для КсилоНК показана пространственная структура полимера. «Осн.» обозначено азотистое основание. Выберите верное утверждение.



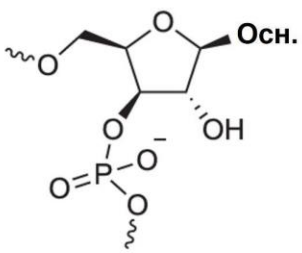
Рибонуклеиновая кислота, РНК

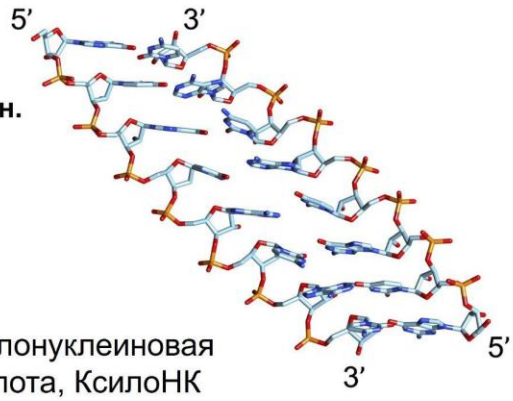


Дезоксирибонуклеиновая кислота, ДНК



Арабинонуклеиновая кислота, АНК





Ксилонуклеиновая кислота, КсилоНК

- Если восстановить все вторые углеродные атомы в углеводных фрагментах в составе мономеров в КсилоНК, то полученная нуклеиновая кислота будет неотличима от ДНК.
- Показанные на рисунке мономерные звенья, содержащие одинаковое азотистое основание, различаются структурой или пространственной конфигурацией углеводного остатка.
- В живых клетках, скорее всего, стабильность АНК и КсилоНК не будет отличаться от РНК, в то время как ДНК будет стабильнее всех этих молекул.
- КсилоНК, в отличие от РНК, способна формировать двойные спирали.

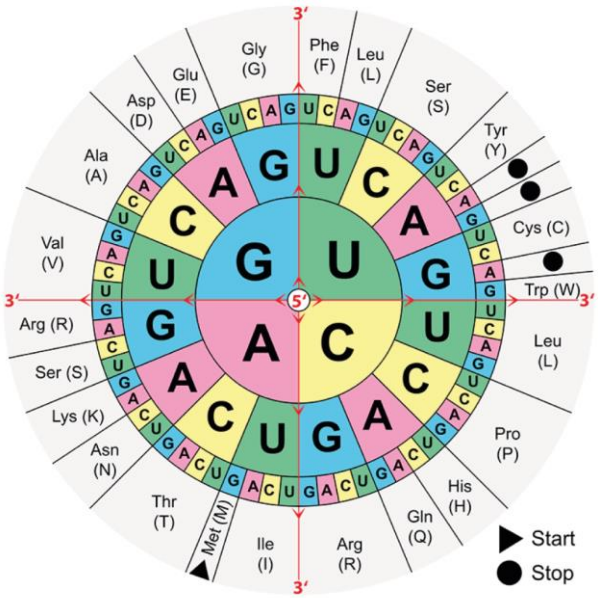
[17] https://drive.google.com/file/d/1Slgaj_3IKAYCJ5qe7ophc98WZkgasLzX/view?usp=sharing

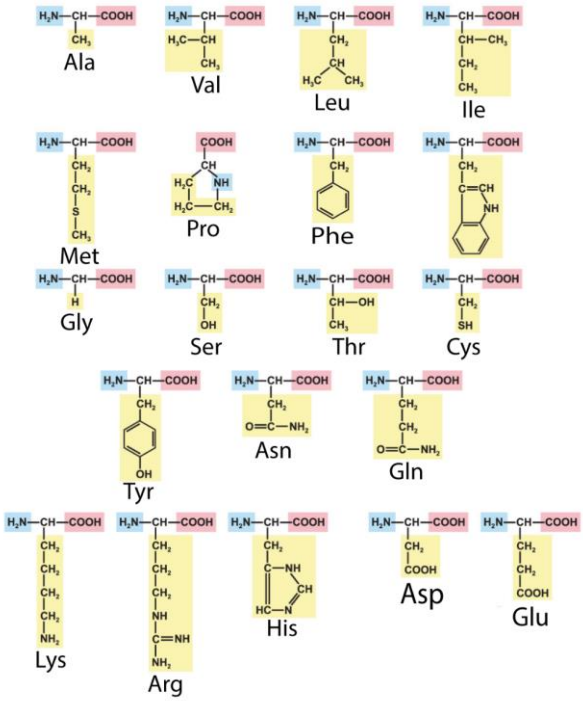
Задание 1.25

Точечные мутации можно разделить на группы по степени влияния на последовательность белка:

- синонимичные – без замены аминокислоты;
- миссенс-мутации – с заменой аминокислоты:
- консервативные миссенс-мутации – физико-химические свойства радикала не изменяются;
- неконсервативные – физико-химические свойства радикала принципиально изменяются;
- нонсенс-мутации – триплет, кодирующий аминокислоту заменяется на стоп-кодон.

Изучите участок[18] последовательности кодирующей цепи ДНК и кодируемого им участка белковой цепи. Последовательность приведена в направлении 5′→3′. Первый изображённый полный кодон начинается с третьего нуклеотида приведённого фрагмента. Нумерация ведётся с первого нуклеотида последовательности. Выберите верную пару «мутация – тип мутации»:





AA GAG GAC GCG AGC TCG TAC CGA TCG ATA TGC G
Glu – Asp – Ala – Ser – Ser – Tyr – Arg – Ser – Ile – Cys

- Замена 3-го нуклеотида на T – консервативная миссенс-мутация
- Замена 20-го нуклеотида на G – неконсервативная миссенс-мутация
- Замена 27-го нуклеотида на T – консервативная миссенс-мутация
- Замена 10-го нуклеотида на T – нонсенс-мутация

[18] https://drive.google.com/file/d/17ztq6bbdKuTUABA41W8FSp_EW_ByIbPI/view?usp=drive_link

Задание 1.26

Фермент супероксиддисмутаза (SOD) является белком, выполняющим в клетках функцию утилизации активных форм кислорода, что защищает организм от окислительного стресса. Как и некоторые протеазы, например папаин, человечество научилось получать SOD в промышленных условиях и использовать его в косметических средствах. Какую роль выполняет SOD в таких косметических препаратах?

- мягкое удаление ороговевших клеток кожи
- обезжиривание кожи лица
- антиоксидантный эффект при действии ультрафиолетовых лучей
- разрушение и заживление рубцов и шрамов

Задание 1.27

На картинке[19] показана одна из стадий гликолиза. Выберите верное утверждение об этой реакции.

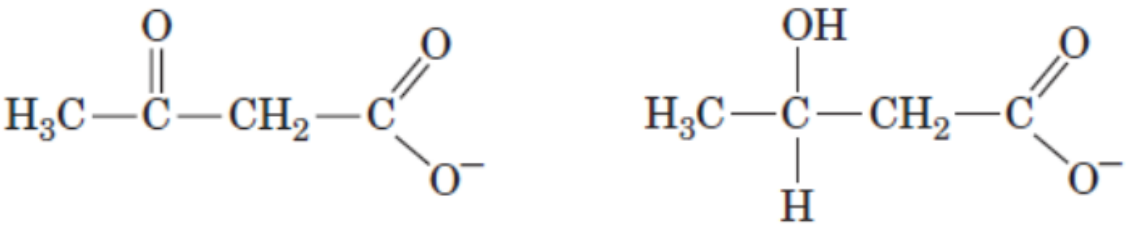


- Эта реакция является экзергоничной, то есть протекает с выделением энергии.
- Эта реакция обратима в физиологических условиях.
- Эта реакция гликолиза протекает только в аэробных условиях.
- Эта реакция характерна только для эукариот.

[19] https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcT_BC07s2gq1-wFrEaFqU712RoTSMeZETQpCYp2nox-tA&s

Задание 1.28

На рисунке[20] ниже приведены структурные формулы веществ, которые организм человека способен синтезировать и использовать в качестве энергетического субстрата. Данные соединения синтезируются в основном в митохондриях печени и транспортируются с кровью к органам, в том числе к мозгу, где могут использоваться как альтернативный жирным кислотам источник энергии. В чём преимущество использования этих соединений по сравнению с жирными кислотами?

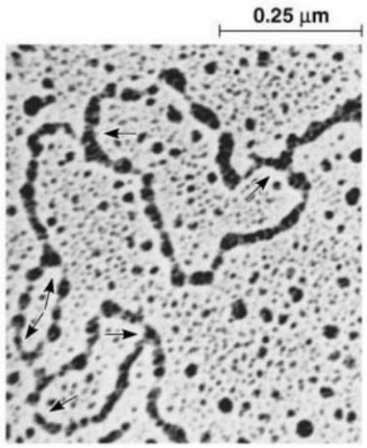


- При полном окислении этих соединений выделяется большее количество энергии, чем при полном окислении жирных кислот.
- Эти соединения отличаются гораздо лучшей растворимостью в воде, чем жирные кислоты.
- Эти соединения содержатся в потребляемой пище в гораздо большем количестве, чем жирные кислоты.
- Гораздо большее количество клеток организма человека содержат ферменты для расщепления этих соединений, чем ферменты катаболизма жирных кислот.

[20] https://drive.google.com/file/d/10MD9aU6-s9OLyi7OPzfib5e61lLKPcyK/view?usp=drive_link

Задание 1.29

На электронной микрофотографии[21] показан участок молекулы ДНК во время репликации. После добавления исследуемого вещества новые участки, подобные отмеченным на рисунке, перестали появляться, однако уже существующие продолжали некоторое время увеличиваться в размерах.



Какой процесс, вероятнее всего, нарушает это вещество?

- Запуск синтеза ДНК в новых участках молекулы.
- Удлинение уже синтезируемых цепей ДНК.
- Разделение двух цепей ДНК во всех уже работающих участках.
- Соединение сестринских хроматид после завершения копирования ДНК.

Задание 1.30

Исследователю необходимо амплифицировать определённый участок генома бактерии для его последующего секвенирования. Для этого он планирует использовать метод полимеразной цепной реакции (ПЦР), позволяющий многократно увеличить количество копий заданного фрагмента ДНК in vitro.
Исследователь выделил геномную ДНК бактерии и приступил к приготовлению реакционной смеси.
Какой из перечисленных компонентов не нужно добавлять в реакционную смесь для проведения ПЦР?

- термостабильная ДНК-полимераза
- дезоксирибонуклеотидтрифосфаты
- два синтетических олигонуклеотидных праймера, специфичных к целевому участку ДНК
- ДНК-лигаза

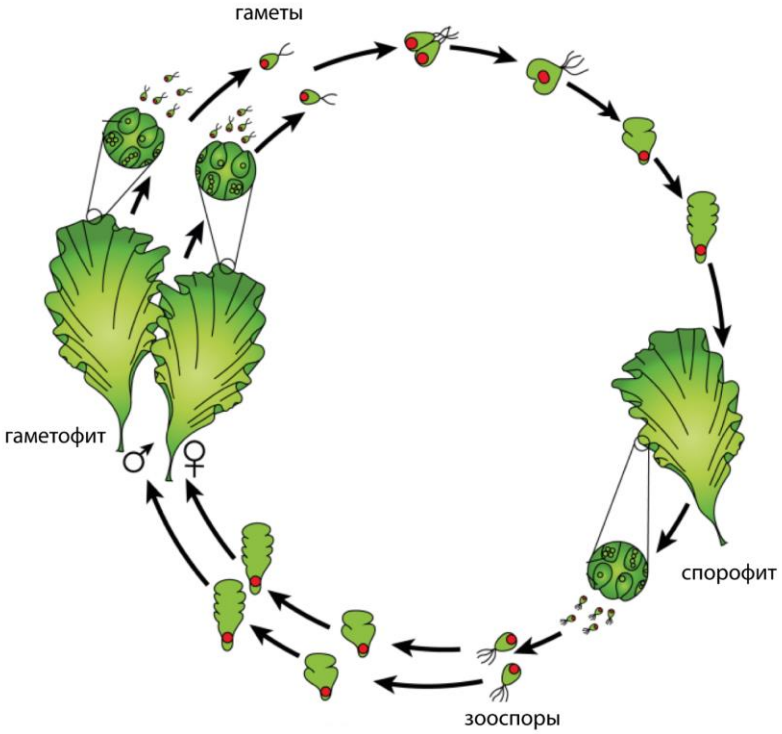
[21] https://drive.google.com/file/d/1vrX6ajGJgLfoIsPfPpN9c08ErsuAo5W7/view?usp=sharing

Часть 2

Вам предлагаются задания со множественными вариантами ответа (от 1 до 5). Максимальный балл за задание – 10. За каждое ошибочное решение относительно пяти вариантов ответа (неверный выбор или неверный невыбор) из 10 баллов вычитается штраф – 2 балла.

Задание 2.1

Спорофит водоросли Ульва имеет генотип AB||ab. Гены A и B сцеплены и находятся в одной хромосоме на расстоянии 20 сМ. Данный спорофит отсадили в отдельный аквариум и позволили свободно размножаться. Предположите, что рекомбинантные и нерекомбинантные гаметофиты имеют одинаковую жизнеспособность, а гаметы совместимых типов спаривания сливаются случайно. Изучите жизненный цикл данной водоросли[22] и выберите верные утверждения.



- Данный спорофит по изучаемым генам образует 4 типа зооспор
- Каждый из гаметофитов, полученных от данного спорофита, образует два типа гамет.
- Следующее поколение спорофитов будет иметь 2 типа генотипов: AB||ab и Ab||aB.
- В процессе размножения 1 поколения гаметофитов в данном аквариуме можно будет обнаружить 4 типа гамет по генам A и B (без учёта пола).
- В первом поколении спорофитов доля организмов с родительским генотипом AB||ab составит 50 %.

[22] https://drive.google.com/file/d/132Lezl6WRapRMbfcBBqrHpTCuc53ClJz/view?usp=drive_link

Задание 2.2

Исследователи выращивали одинаковые фрагменты каллусной ткани на питательных средах с разным соотношением ауксина и цитокинина.

При примерно равных концентрациях ауксина и цитокинина ткань продолжала расти преимущественно в виде каллуса.

При увеличении концентрации ауксина относительно цитокинина из каллуса начинали формироваться корни.

При увеличении концентрации цитокинина относительно ауксина из каллуса чаще формировались побеги.

Выберите верные утверждения.

- Ауксин в данном эксперименте способствует развитию корней.
- Цитокинин в данном эксперименте способствует развитию побегов.
- Для направления развития каллуса важно не только наличие гормонов, но и их соотношение.
- При равных концентрациях ауксина и цитокинина клетки полностью прекращают делиться.
- Ауксин и цитокинин действуют на каллус независимо друг от друга.

Задание 2.3

Исследователи изучали влияние микроРНК miR-X на экспрессию гена, кодирующего фермент люциферазу. Для этого были сконструированы два варианта репортёрного гена. WT содержит предполагаемый участок связывания miR-X в 3′-нетранслируемой области (3′-UTR) мРНК. MUT отличается от WT заменой четырёх нуклеотидов в предполагаемом участке связывания miR-X. Промотор и кодирующая последовательность обоих репортёров идентичны.

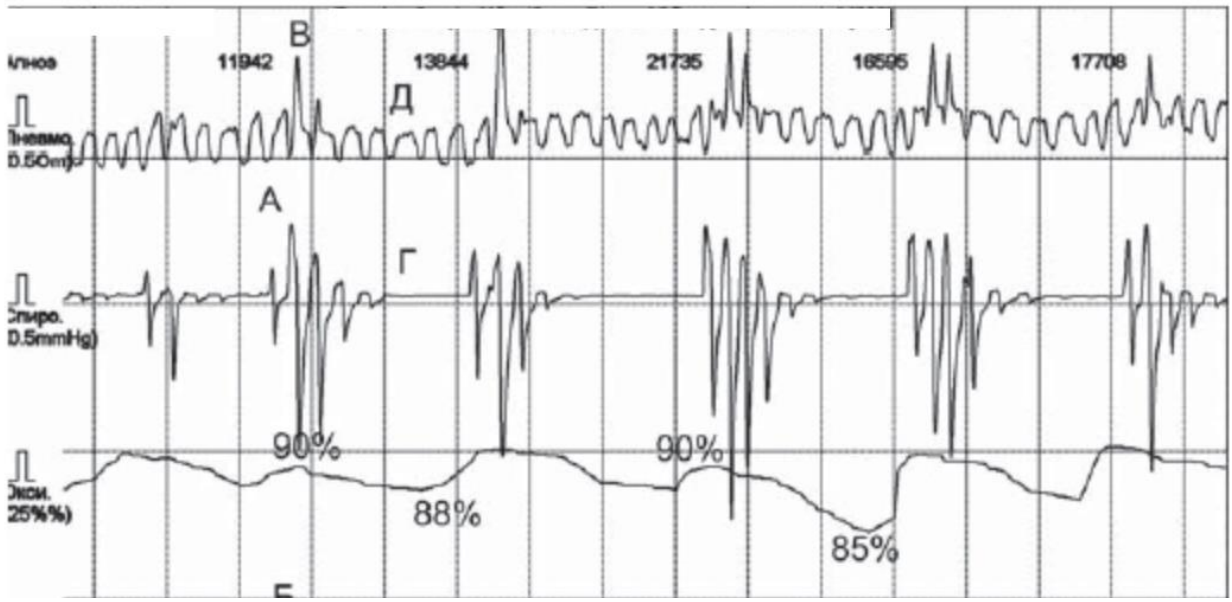
В клетки вводили miR-X либо контрольную РНК. Затем измеряли скорость транскрипции репортёрного гена, количество зрелой мРНК и скорость синтеза белка. Результаты представлены в таблице (относительные единицы).

Репортёр	**Введённая РНК**	**Скорость транскрипции**	**Количество мРНК**	**Скорость синтеза белка**
WT	Контрольная	100	100	100
WT	miR-X	100	40	16
MUT	Контрольная	100	100	100
MUT	miR-X	100	96	94

- miR-X снижает количество зрелой мРНК репортёра WT, не изменяя скорость его транскрипции.
- В присутствии miR-X скорость синтеза белка в расчёте на одну молекулу мРНК репортёра WT уменьшается в 2,5 раза.
- Снижение скорости синтеза белка репортёра WT полностью объясняется уменьшением количества его мРНК.
- Замена четырёх нуклеотидов в 3′-UTR репортёра MUT приводит к увеличению скорости его транскрипции в присутствии miR-X.
- Полученные результаты однозначно доказывают непосредственное физическое связывание miR-X с предполагаемым участком 3′-UTR репортёра WT.

Задание 2.4

На рисунке[23] представлен фрагмент исследования дыхания человека во время сна. Одновременно регистрировались движения грудной клетки (верхний график), поток воздуха через дыхательные пути (средний график) и насыщение крови кислородом (нижний график).



Выберите все верные утверждения, соответствующие представленным данным.

- На некоторых участках поток воздуха через дыхательные пути практически прекращается, хотя движения грудной клетки сохраняются.
- Снижение насыщения крови кислородом после эпизодов отсутствия воздушного потока согласуется с развитием гиповентиляции при обструкции дыхательных путей.
- В периоды отсутствия воздушного потока дыхательные мышцы полностью прекращают работу.
- Представленные графики можно объяснить эпизодической остановкой дыхательного центра.
- Снижение насыщения крови кислородом является причиной прекращения движений грудной клетки.

[23] http://www.vestar.ru/article_print.jsp?id=10690
https://drive.google.com/drive/folders/1ktfDA_vNvRLHxDu1SoI9wAoqFG7Pa-7Z?usp=sharing

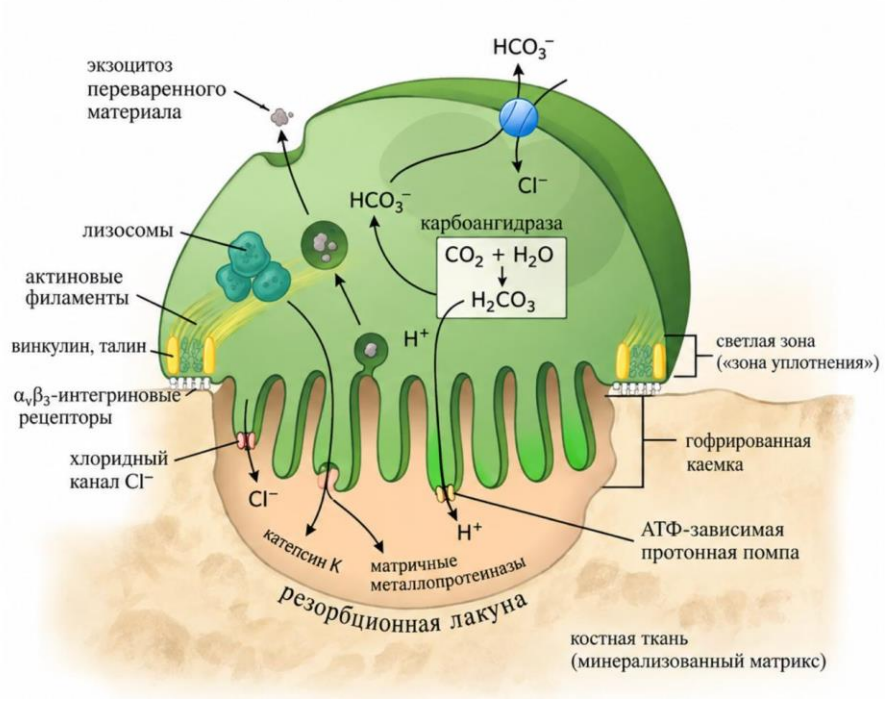
Задание 2.5

Выберите верные утверждения.

- При общей трансдукции бактериофаг по ошибке упаковывает в капсид фрагмент ДНК бактерии-хозяина и переносит его в другую клетку.
- Умеренные фаги не способны встраиваться в геном хозяина, поэтому лизогения невозможна.
- В системе CRISPR-Cas «память» о встреченных фагах хранится в виде спейсеров, которые встраиваются в CRISPR-локус преимущественно со стороны лидерной последовательности.
- Конъюгация возможна только между клетками, принадлежащими к одному биологическому виду бактерий.
- Трансформация – это поглощение свободной ДНК из среды, и у некоторых бактерий, например *Streptococcus pneumoniae*, компетентность запускается сигнальными пептидами.

Задание 2.6

На рисунке[24] показан остеокласт – клетка, участвующая в разрушении костной ткани. Рассмотрите схему и выберите верные утверждения.



- Активирование карбоангидразы должно уменьшить поступление H^+ в резорбционную лакуну и снизить разрушение минерального компонента кости.
- Блокирование хлоридных каналов может затруднить подщелачивание резорбционной лакуны, несмотря на сохранение работы протонной помпы.
- Обмен HCO_3^- на Cl^- на противоположной стороне клетки помогает одновременно удалять избыток гидрокарбоната и снабжать клетку ионами хлора.
- Нарушение работы αvβ3-интегринов может ухудшить формирование зоны плотного контакта остеокласта с костью и снизить эффективность резорбции.
- Основным источником H^+ в резорбционной лакуне служит работа протонной помпы на плазмалемме.

[24] https://drive.google.com/file/d/1dXTWAOdgpU1Q9ST2l5I0c7slxEei_PCL/view?usp=sharing

Задание 2.7

Исследователи использовали клетки, содержащие функциональный ген GFP, поэтому исходно клетки флуоресцировали зелёным светом.

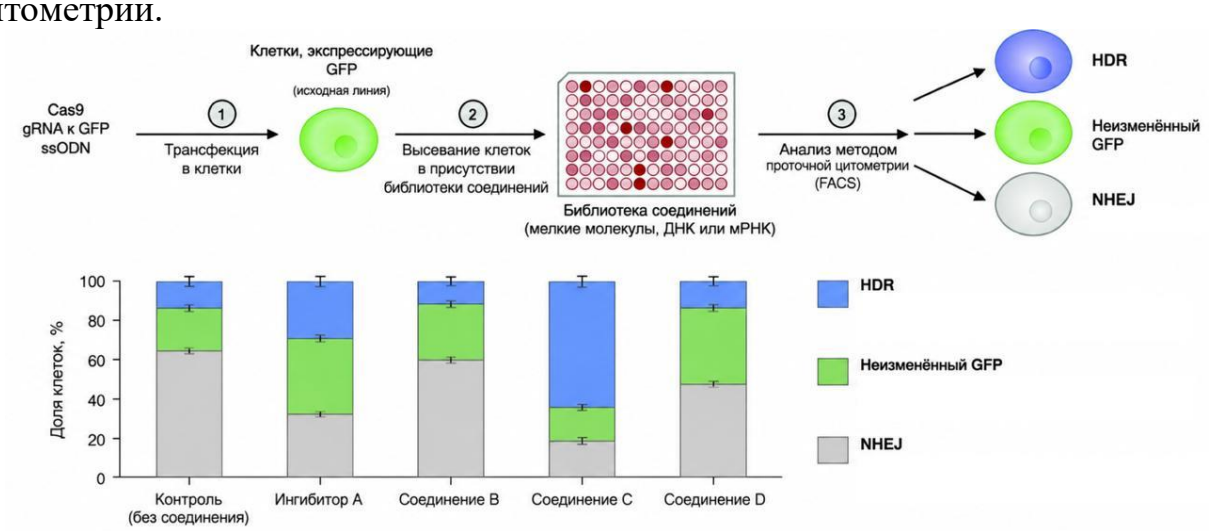
С помощью системы CRISPR/Cas9 в ген GFP вносили двуцепочечный разрыв ДНК. Одновременно в клетки вводили донорную одноцепочечную ДНК – ssODN, вносящую изменения в последовательность GFP и образующую синий белок BFP.

Двуцепочечный разрыв может быть восстановлен несколькими способами.

HDR (homology-directed repair) – репарация с использованием гомологичной донорной ДНК в качестве матрицы.

NHEJ (non-homologous end joining) – соединение концов разорванной ДНК без использования гомологичной матрицы. Такой процесс может сопровождаться небольшими вставками или делециями.

После обработки клетки выращивали в присутствии различных соединений и определяли долю клеток с разными типами флуоресценции методом проточной цитометрии.



Используя данные рисунка[25], выберите верные утверждения.

- Ингибитор A увеличивает долю клеток, в которых репарация произошла по механизму HDR, по сравнению с контролем.
- Соединение C смещает соотношение путей репарации в сторону HDR сильнее, чем остальные исследованные соединения.
- Чтобы определить, влияет ли соединение C непосредственно на HDR или, например, подавляет NHEJ, потребуются дополнительные эксперименты.
- Если убрать ssODN из экспериментальной системы, появление BFP-положительных клеток должно существенно снизиться.
- Все клетки, потерявшие флуоресценцию в результате NHEJ, обязательно несут мутацию со сдвигом рамки считывания.

[25] https://drive.google.com/file/d/1TQNwMOmYJnIV5GtFRgRHhIon3uLRIni-/view?usp=sharing

Задание 2.8

На фотографиях[26] показаны два организма. Какие признаки являются для них обоих верными?



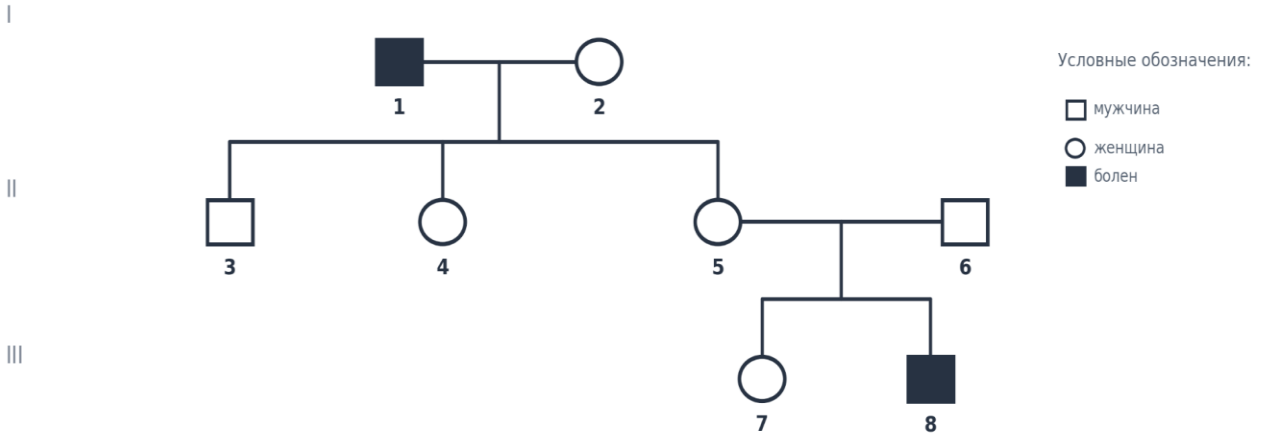


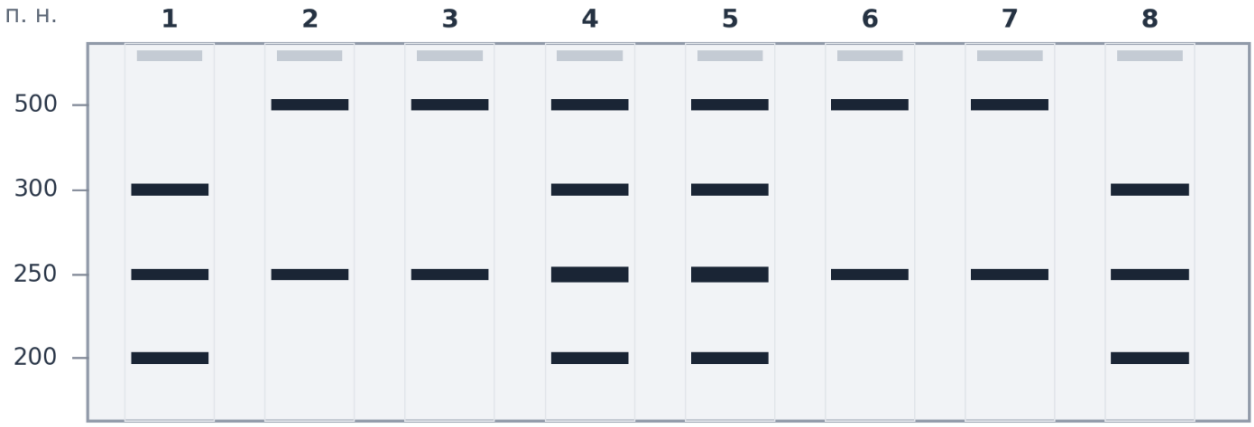
[26] https://www.marlin.ac.uk/assets/images/marlin/species/web/o_astrub.jpg
https://www.freenatureimages.eu/Animals/Ascidiacea%2C%20Zakpijpen%2C%20Sea%20Squirts/Ciona%20intestinalis%2C%20Sea%20Vase/Ciona%20intestinalis%2049%2C%20Doorschijnende%20zakpijp%2C%20Saxifraga-Tom%20Heijnen.jpg

- Оба животных принадлежат к эволюционной ветви вторичноротых (*Deuterostomia*).
- В жизненном цикле обоих животных присутствует свободноплавающая личинка с двусторонней симметрией тела.
- У обоих животных на одной из стадий индивидуального развития формируется хорда.
- Оба животных питаются путём фильтрации взвешенных в воде органических частиц.
- Передвижение обоих животных обеспечивается работой амбулакральной системы.

Задание 2.9

Для изучения наследования некоторого заболевания исследователи провели генеалогический анализ[27]. Для этого они взяли образцы ДНК у нескольких членов одной семьи и амплифицировали небольшой (750 пар нуклеотидов) участок гена, связанного с развитием заболевания. Затем каждый из полученных фрагментов ДНК был обработан рестриктазой EcoRI. Фрагменты, полученные после рестрикции, разделяли с помощью электрофореза.





Известно, что аллель, вызывающий развитие заболевания, содержит два сайта рестрикции, а нормальный аллель – только один. Изучите генеалогическое дерево данной семьи и результаты рестрикции, представленные в виде электрофореграммы. Выберите верные утверждения.

- За развитие данного заболевания отвечает доминантный аллель.
- Член семьи под номером 5 гетерозиготен по данному гену.
- Доминантные гомозиготы по данному гену летальны.
- Данный ген наследуется сцепленно с полом.
- Данный ген наследуется аутосомно.

[27] https://drive.google.com/file/d/1z2ed0dTn7EfP1wJVtP-xP_om3sEdbMpq/view?usp=drive_link
https://drive.google.com/file/d/1Y5yJ7w5q-m0gyDzEOY68FDQP0-2ewU-P/view?usp=drive_link

Задание 2.10

Гавайский короткохвостый кальмар[28] *Euprymna scolopes* ведёт преимущественно ночной образ жизни. Днём он прячется в песке, а ночью выходит на охоту. В его теле расположен специальный световой орган, населённый грамотрицательными бактериями *Vibrio fischeri*.

В открытой морской воде эти бактерии практически не светятся, тогда как в световом органе кальмара излучают интенсивный свет.

Исследователи установили, что некоторые бактерии выделяют в окружающую среду небольшие сигнальные молекулы – аутоиндукторы. Их концентрация может зависеть от плотности бактериальной популяции. При достижении определённой концентрации аутоиндуктор связывается с регуляторным белком, изменяя экспрессию генов бактерий. Этот механизм называется кворум-сенсингом.

Известны следующие примеры бактериальных сигнальных систем:

Бактерия	**Окраска по Граму**	**Сигнальная молекула**
Vibrio fischeri	Грамотрицательная	Ацилгомосеринлактон
Pseudomonas aeruginosa	Грамотрицательная	Ацилгомосеринлактоны (среди прочих сигналов)
Staphylococcus aureus	Грамположительная	Короткий сигнальный пептид
Bacillus subtilis	Грамположительная	Сигнальные пептиды (в ряде регуляторных систем)

Для изучения симбиоза учёные провели эксперименты и сделали следующие выводы.

1. При высокой плотности бактерий в световом органе интенсивность свечения увеличивается.
2. Световой орган расположен на брюшной стороне кальмара и направляет свет вниз.
3. На рассвете численность бактерий в световом органе резко сокращается примерно на 90–95 %.

[28] https://images.squarespace-cdn.com/content/519fc518e4b046d94a9788ad/1378945020261-9LO4XW7DCDZQ05QCRUSD/Euprymna+scolopes+%28Mattias+Ormestad+-+kahikai.org%29.jpg?content-type=image%2Fjpeg

На основании приведённых данных и ваших знаний выберите верные утверждения.



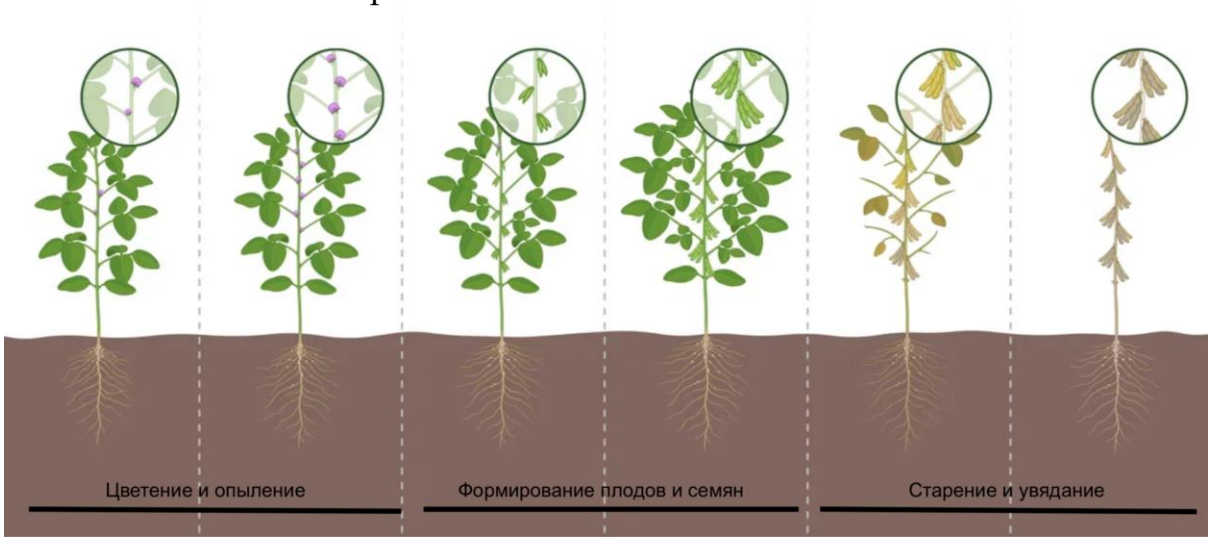
- Каждые сутки генофонд популяции бактерий проходит через бутылочное горлышко.
- Свечение бактерий в кальмаре – процесс, зависящий от метаболической энергии бактерий.
- Грамположительные и грамотрицательные бактерии разработали сигнальные системы для кворума скорее всего независимо в ходе эволюции.
- Светящийся орган кальмара является, скорее всего, преобразованной железой внутренней секреции.
- Бактерии не светятся в открытой воде из-за недостаточной концентрации аутоиндукторов.

Часть 3

Вам предлагаются задания на сопоставление. Балл за каждое верное соотнесение – 2. В задании 3.1 штрафной балл за каждое неверное соотнесение – 2.

Задание 3.1

Давайте условно выделим в жизни однолетней фасоли следующие фазы[29]: цветение и опыление, формирование плодов и семян, старение и увядание. Сопоставьте, какие из указанных ниже процессов будут наиболее характерны для какой из жизненных фаз.



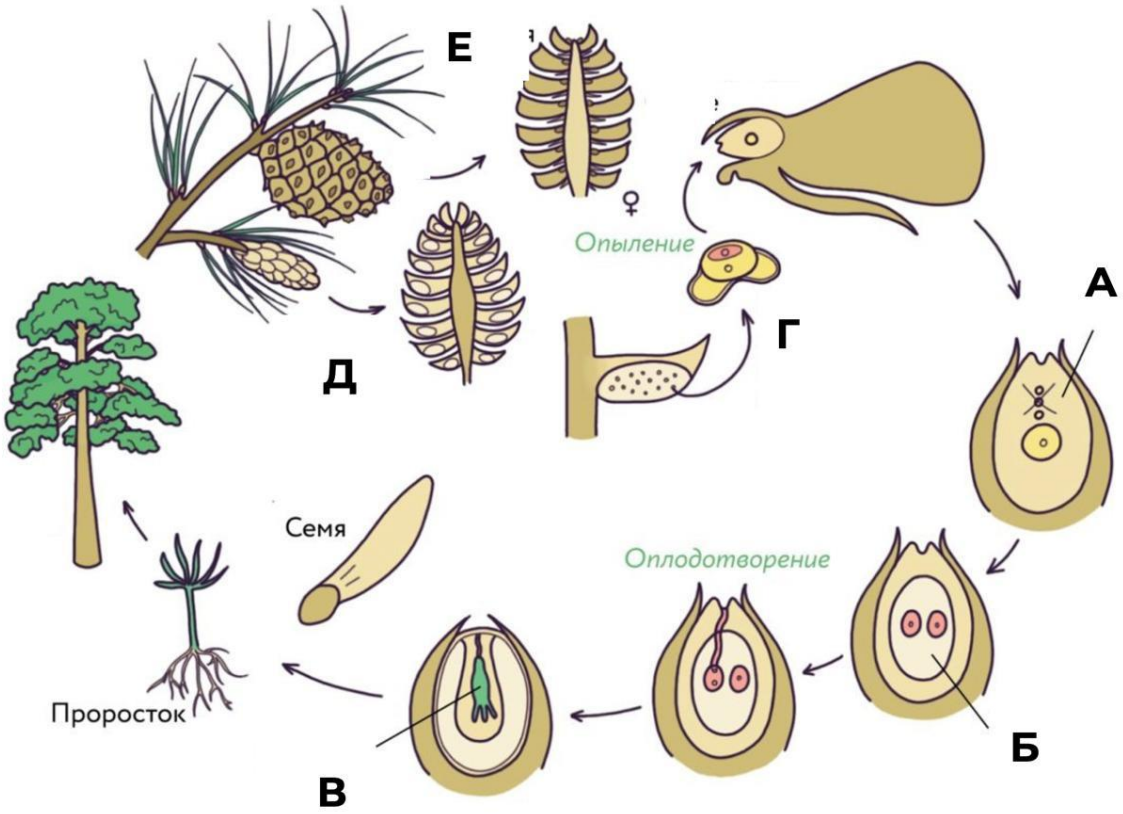
А) разборка тилакоидной системы, формирование пластоглобул в строме, вывод соединений азота из пластиды	1) формирование цветков, цветение и опыление
Б) стимуляция клеточных делений в стенке завязи и в интегументах оплодотворённых семязачатков	2) формирование плодов и семян
В наибольшая плотность потока азотсодержащих соединений из клубеньков в генеративные органы	3) старение и увядание
Г) увеличение интенсивности экспрессии генов запасных белков семян	
Д) расхождение гомологичных хромосом к полюсам растительной клетки	
Е) нарушение окислительно-восстановительного гомеостаза и накопление продуктов окислительного повреждения клеточных компонентов	

Ответ:	А	Б	В	Г	Д	Е

[29] https://drive.google.com/file/d/13emWtLPy_OAiLg9Sb92zW6BitbBGnQwn/view?usp=drive_link

Задание 3.2

На рисунке[30] представлен жизненный цикл сосны. Буквами А–Е обозначены отдельные структуры и стадии развития.



Установите соответствие между обозначением на рисунке и названием структуры.

Структуры:

1) пыльцевое зерно
2) мужская шишка
3) женская шишка
4) мегаспорангий
5) женский гаметофит
6) зародыш нового спорофита

Ответ:	А	Б	В	Г	Д	Е

[30] https://drive.google.com/file/d/1_DD1ri0fNFf-I9KWoewM4DLQU4oXK6w9/view?usp=sharing

Задание 3.3

В таблице[31] представлены результаты исследования крови пяти человек. Для каждого указаны количество эритроцитов, концентрация гемоглобина, в состав которого входит железо, насыщение крови кислородом и уровень эритропоэтина. Эритропоэтин вырабатывается преимущественно в почках и стимулирует образование эритроцитов в красном костном мозге.

Показатель	А	Б	В	Г	Д	Норма
Эритроциты, $\times 10^{12}$/л	2,5	5,8	3,3	4,7	5,6	4,5
Гемоглобин, г/л	92	175	108	142	168	135
SpO_2, %	98	98	98	88	98	98
Эритропоэтин	↑	норма	↑/норма	↑	значительно ↑	норма

Сравните показатели с референсными значениями (возраст и пол пациентов во всех случаях совпадает) и установите соответствие между результатами анализа крови и ситуацией, которая наиболее вероятно привела к таким изменениям.

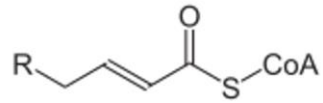
1) кровопотеря
2) длительное недостаточное поступление железа с пищей
3) резкий подъём на большую высоту (например, в горы)
4) значительная потеря жидкости при длительной нагрузке в жару
5) опухоль почки, вырабатывающая повышенное количество эритропоэтина

Ответ:	А	Б	В	Г	Д

[31] https://drive.google.com/drive/folders/1ktfDA_vNvRLHxDu1SoI9wAoqFG7Pa-7Z?usp=sharin

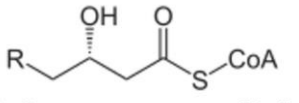
Задание 3.4

Бета-окисление – распространённый путь катаболизма жирных кислот, в результате которого образуется ацетилкофермент А. Этот процесс состоит из четырёх стадий и протекает в митохондриях, а некоторые жирные кислоты претерпевают реакции окисления и в пероксисомах. Соотнесите структуру[32] и название молекулы, участвующей в бета-окислении, с описанием реакции, в которой это вещество является продуктом. Одно описание является лишним.



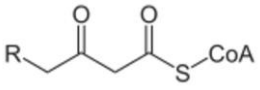
транс-Δ^2-еноил-КоА

1



L-3-гидроксиацил-КоА

2



Кетоацил-КоА

3

А) Реакция присоединения воды по двойной связи.

Б) Окислительно-восстановительная дегидрогеназная реакция, в результате которой образуются восстановительные эквиваленты в форме $ФАДН_2$.

В) Окислительно-восстановительная дегидрогеназная реакция по гидроксильной группе, в результате которой образуются восстановительные эквиваленты в форме $НАДН+Н^{+\cdot}$

Г) Тиолитическое расщепление β-кетоацил-КоА с образованием ацетил-КоА и ацил-КоА, укороченного на два атома углерода.

Ответ:	1	2	3

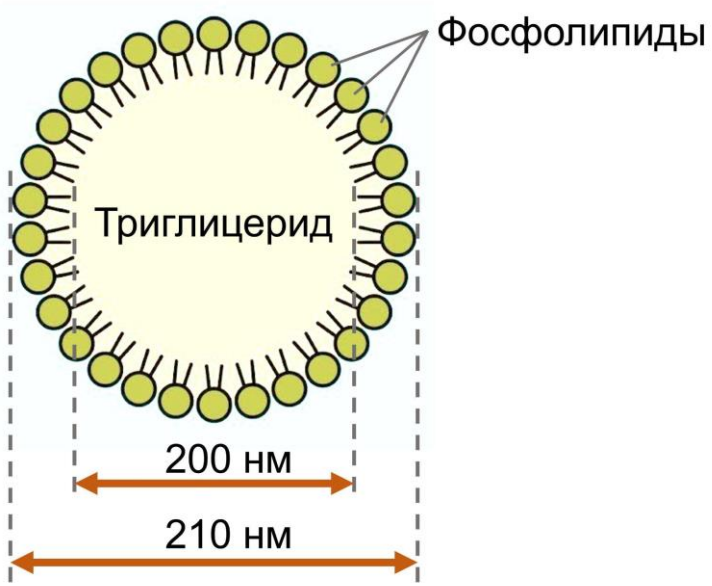
[32] https://drive.google.com/file/d/1Du6H01y7bf4Zcjto0d6UpsI5YGwPOlcV/view?usp=drive_link
https://drive.google.com/file/d/1QMYxN5_YJKcTBuXK08RYxMZAydoPpBHr/view?usp=drive_link
https://drive.google.com/file/d/16sxFIcZj6mZ-3Co0KWK2UD3y0OW5NKn-/view?usp=drive_link

Часть 4

Балл за каждую верно решённую задачу – 3.

Задание 4.1

Некоторый триглицерид[33] имеет плотность 0,94 г/мл. Этот триглицерид перевели в водную эмульсию с помощью фосфолипидов. Объём эмульсии составил 200 мл. Эмульсия состояла из капель, в которых вокруг триглицеридов располагались фосфолипиды. Параметры капель изображены на рисунке ниже. Концентрация капель составила 10^{13} частиц в миллилитре полученной эмульсии. Определите исходную массу триглицерида. Объём сферы можно вычислить по формуле $4/3 \times \pi \times R^3$, где R – это радиус сферы. Округлите ответ до десятых долей грамма.

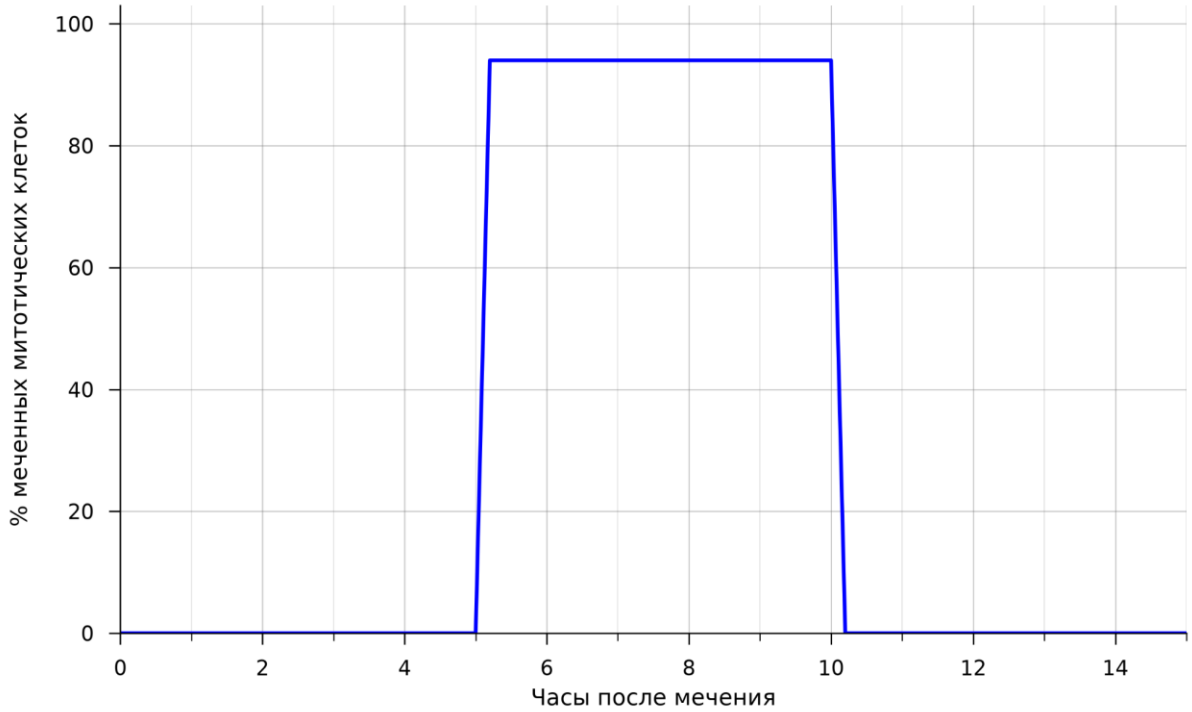


Ответ:

[33] https://drive.google.com/file/d/1MFUkuIrdc6Da6MnTFe8e2u7ht_nT8mo_/view?usp=sharing

Задание 4.2

В лаборатории изучали клеточный цикл новой линии эукариотических клеток. На момент посева клеток на новую среду их концентрация составляла $2{,}75 \times 10^5$ клеток/мл. Через 72 часа культивирования концентрация достигла $2{,}2 \times 10^6$ клеток/мл. Часть клеток была отобрана для проведения эксперимента. В течение 15 минут эти клетки инкубировали в среде, содержащей радиоактивно-меченый тимидин, после чего клетки отмывали и переносили на среду, содержащую немеченый тимидин. Далее периодически измерялась доля делящихся клеток, содержащих метку. Результаты измерений приведены на графике[34] ниже.



Проанализируйте результаты эксперимента и определите продолжительность фазы G_1 у данной клеточной линии (в часах). Продолжительностью М-фазы можно пренебречь. Считайте, что продолжительности всех фаз клеточного цикла выражаются в целых числах. Считайте, что все клетки пролиферируют с одинаковой продолжительностью цикла, клеточной гибелью можно пренебречь, а численность популяции увеличивается экспоненциально. Воспользуйтесь формулой $T = t \div log_2(\frac{C}{C_0})$, где T – продолжительность клеточного цикла (часы), C – концентрация клеток через t часов, C_0 – начальная концентрация, t – продолжительность культивирования.

Ответ:

[34] https://drive.google.com/file/d/1nqfquXaZ_WQ3tqUekiB717SDqp-Pv4N5/view?usp=drive_link