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

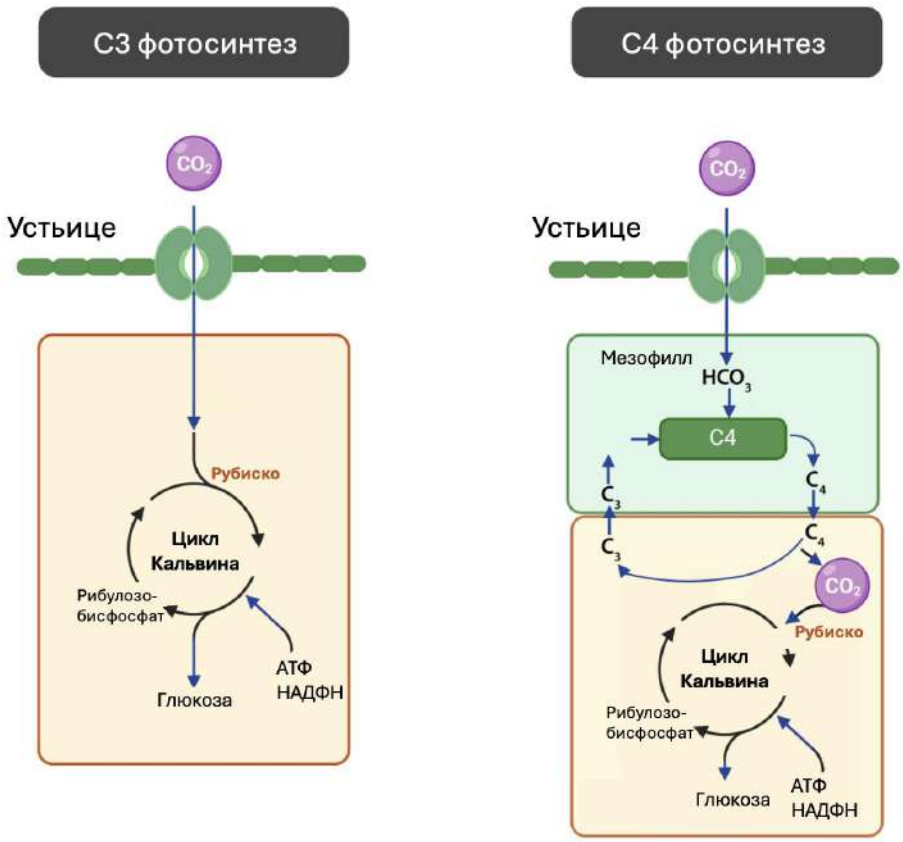
Максимальный балл за работу – 300.

Часть 1

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

Задание 1.1.

При изотопном мечении в исследуемую молекулу включают радиоактивные изотопы, по которым можно проследить дальнейшую судьбу атомов. Поэтому метод изотопного мечения позволяет разгадывать пути биохимических превращений в клетках. Двум освещённым растениям разных видов (А и Б) внесли в газовую среду углекислый газ, меченный по углероду радиоактивным изотопом ^{14}C, и последовательно отбирали пробы листьев в течение нескольких минут. В пробах анализировали, в каких молекулах содержится изотоп ^{14}C. Самые первые молекулы, где он может быть детектирован, – это 3-фосфоглицериновая кислота у растения А и оксалоацетат у растения Б. Основываясь на данных этого опыта, а также на схемах протекания С3 и С4 фотосинтеза, выберите верное утверждение.[1]



[1] https://drive.google.com/file/d/1k-C9t5rpwMFP3AnXYAK6CYFUy5T56yUE/view?usp=drive_link

- У растения А меченый углекислый газ присоединяется к углеродному скелету субстрата дважды.
- Через определённое время у обоих растений углерод ^{14}C будет в составе молекул сахарозы, которые будут транспортироваться из листьев в нефотосинтезирующие части растений.
- Растение А проводит фиксацию углерода по CAM-типу фотосинтеза, а растение Б – по C3-типу.
- Первичная фиксация углерода у обоих видов растений происходит в хлоропластах.

Задание 1.2.

При статистической обработке результатов эксперимента часто рассчитывают p-value (p-значение). Если p-value меньше заранее выбранного критического уровня значимости α, различия считают статистически значимыми и нулевую гипотезу отвергают.

Исследователи проверяли, влияет ли добавление минеральной подкормки на количество плодов у растений. После сравнения экспериментальной и контрольной групп было получено p-value (p-значение) = 0,03. Критический уровень значимости заранее установили как α = 0,05. Какой вывод корректно сделать на основании полученного результата?

- Полученный результат доказывает, что именно минеральная подкормка является причиной наблюдаемых различий между группами.
- Вероятность того, что минеральная подкормка не влияет на количество плодов, составляет 3 %.
- Различия между группами не являются статистически значимыми, поскольку p-value должно быть больше α.
- Различия между группами статистически значимы, поэтому нулевая гипотеза может быть отвергнута.

Задание 1.3.

Какой из организмов широко используется для промышленного получения лимонной кислоты?

- дрожжи
- молочнокислые бактерии
- чёрная плесень (*Aspergillus niger*)
- инфузория-туфелька

Задание 1.4.

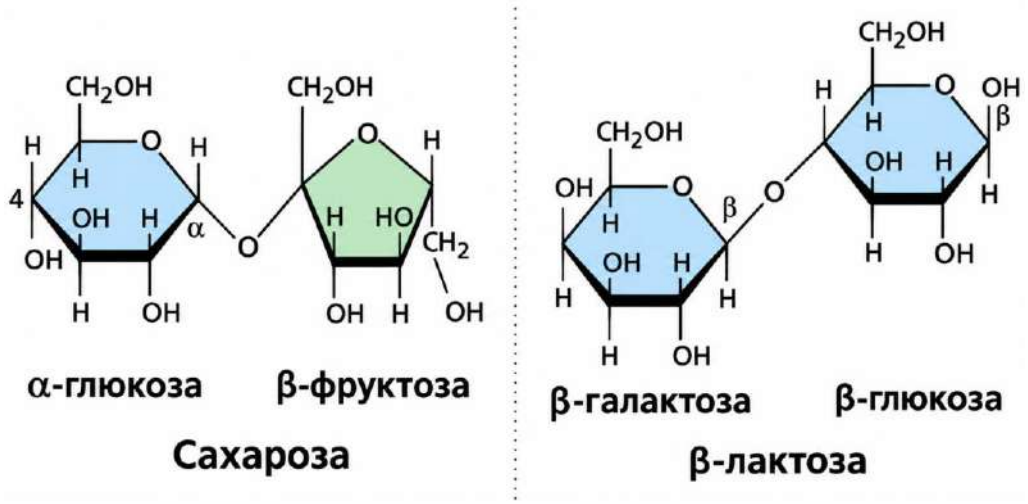
Хемосинтетики (хемоавтотрофы) – это организмы, которые получают энергию для жизни за счёт окисления неорганических веществ, а не от солнечного света, как растения. Одна из форм хемосинтеза – окисление сероводорода для получения энергии для метаболизма. Какой ещё субстрат может подойти для культивирования термофильной бактерии-хемосинтетика с другим вариантом этого процесса?

- глюкоза
- хитин
- водород
- нитрат

Задание 1.5.

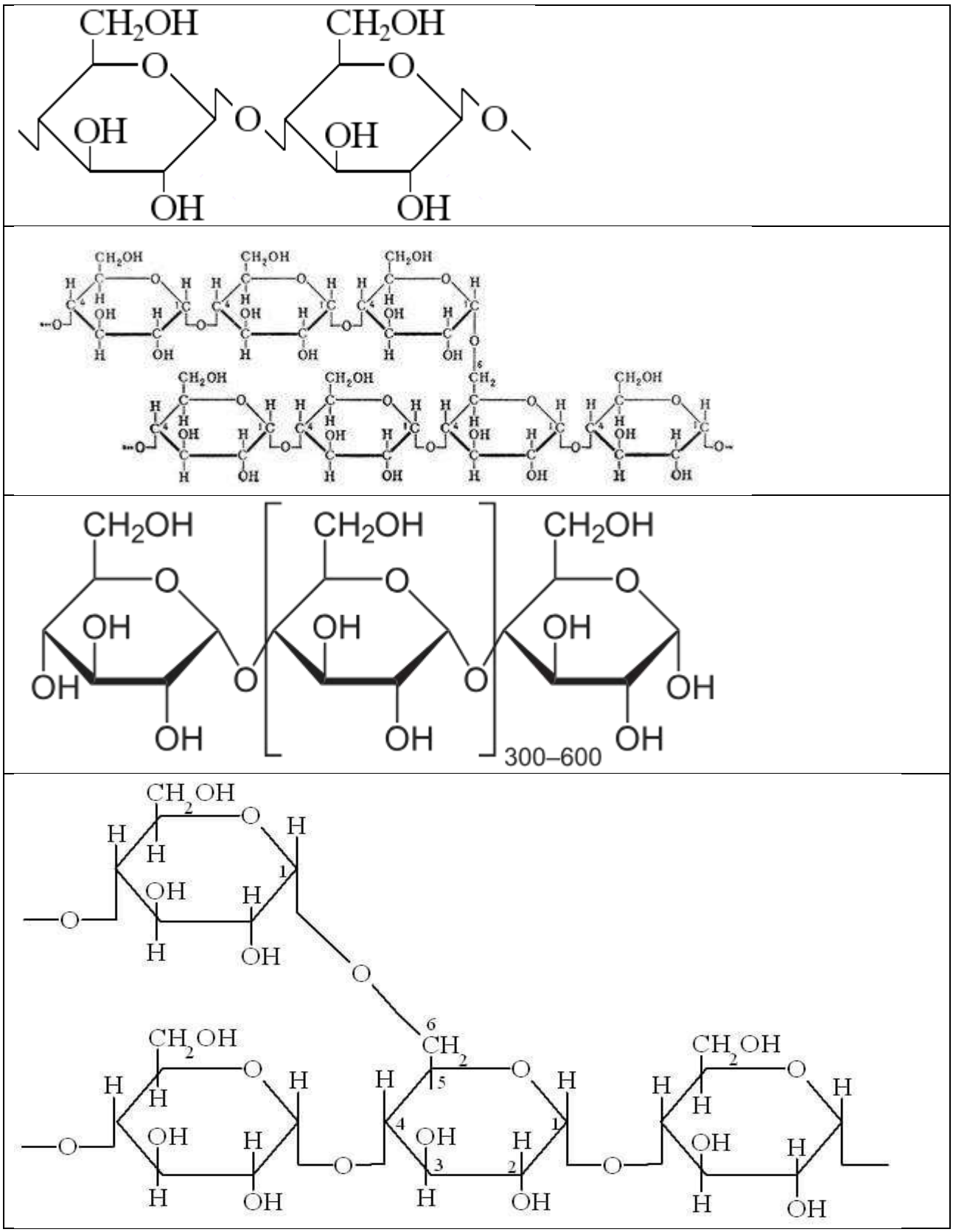
В семенах злаков в наружном слое эндосперма – алейроновом слое – при прорастании синтезируется альфа-амилаза. Этот фермент расщепляет альфа-гликозидную связь в углеводах запасных гранул эндосперма.

Альфа-гликозидная связь отличается от бета-связи положением заместителя при первом атоме углерода в циклической структуре сахара. Гидроксогруппа в альфа-конфигурации сахара направлена вниз при изображении в проекции Хеуорса. В сахарозе альфа-связь образована глюкозой, соединённой с фруктозой (показано на картинке). В бета-конфигурации молекулы гидроксогруппа направлена вверх. В качестве примера можно привести лактозу, у которой галактоза формирует бета-гликозидную связь с глюкозой[2].



Какой углевод не сможет расщепить альфа-амилаза, выделенная из алейронового слоя злака, ни на одном участке молекулы субстрата?

[2] https://drive.google.com/file/d/13yuHUZbOD1xxXkUJuQSAftJiRZTIz-Pm/view?usp=drive_link
https://вторaяиндустриализация.рф/wp-content/uploads/2019/11/1215449345_amilopektin.jpg
https://dic.academic.ru/pictures/wiki/files/65/Amylose2.svg
https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/009/001/231860417.jpg
https://acetyl.ru/s/a1/ez6905.png



Ответ:

Задание 1.6.

На рисунке[3] представлена реконструкция лепидодендрона (*Lepidodendron*) – древнего древовидного растения, широко распространённого в каменноугольном периоде. Его высота могла достигать нескольких десятков метров.

Какие признаки можно ожидать у растений, относящихся к тому же отделу, что и лепидодендрон?

- наличие микрофиллов
- образование семян и пыльцы
- наличие цветка и плода
- отсутствие проводящих тканей и преобладание гаметофита

[3] lepidodendron-fossil-plant.jpg

Задание 1.7.

Широко распространённый в подлеске умеренного пояса Северного полушария Евразии бересклет европейский имеет яркие, привлекающие внимание плоды. Семена у бересклета имеют ярко окрашенный присемянник.

Рассмотрите фотографии[4] цветка и плодов. Какое происхождение имеют яркие розовые оттопыренные части плода?

Цветок бересклета европейского

Плоды бересклета европейского

- части околоцветника
- тычинки
- цветоложе
- стенки завязи

[4] https://www.theenglishgarden.co.uk/_gatsby/file/259faec080db41e553d8612a548e7594/37934_shutterstock_2379318143.jpg
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a1/Euonymus_europaeus_1a.JPG?utm_source=is.wikipedia.org&utm_campaign=index&utm_content=original

Задание 1.8.

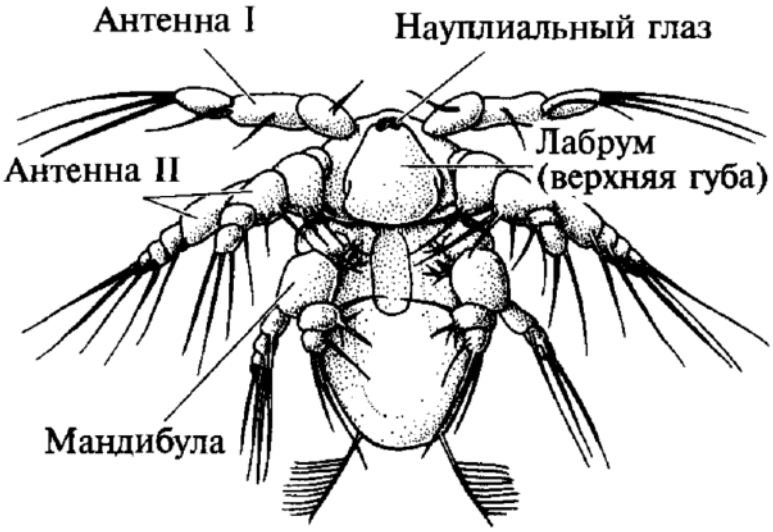
Всем известно, что у коров четырёхкамерный желудок, что связано с особенностями их пищи. У кого из изображенных на фотографиях[5] животных НЕТ четырёхкамерного желудка?

Ответ:

5 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/93/Nyala_%28Tragelaphus_angasii%29_female.jpg?utm_source=ru.wikipedia.org&utm_campaign=index&utm_content=original
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c9/Saanen_goat_standing.jpg?utm_source=ru.wikipedia.org&utm_campaign=index&utm_content=original
https://static.tildacdn.com/tild6361-3961-4639-b330-303166353866/-2-800.jpg
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/28/Bull_Moose.jpg?utm_source=ru.wikipedia.org&utm_campaign=index&utm_content=original

Задание 1.9.

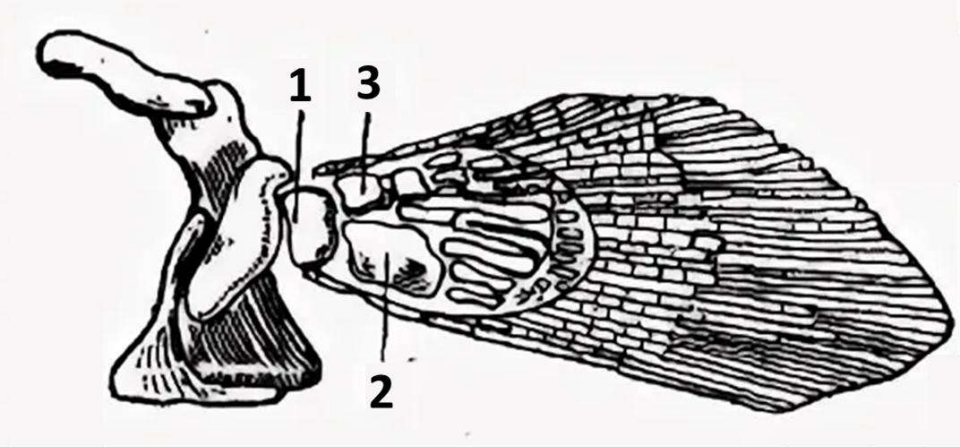
К какому типу животных принадлежит организм, схема строения личинки которого изображена на картинке[6]?



- Плоские черви
- Кольчатые черви
- Членистоногие
- Хордовые

Задание 1.10.

Известно, что наземные позвоночные произошли от кистепёрых рыб, строение скелета передних плавников которых приведено ниже. Исходя из схемы[7], предположите, какая кость пояса и свободных передних конечностей тетрапод соответствует кости под номером 1 на схеме.



- плечевая кость
- лопатка
- локтевая кость
- лучевая кость

[6] https://drive.google.com/file/d/1J_KasVRV0flhLTVsHCUh1VXS1uCkuLdF/view?usp=sharing
[7] https://multiurok.ru/files/konspekt-uroka-po-teme-klass-zemnovodnye.html?login=ok

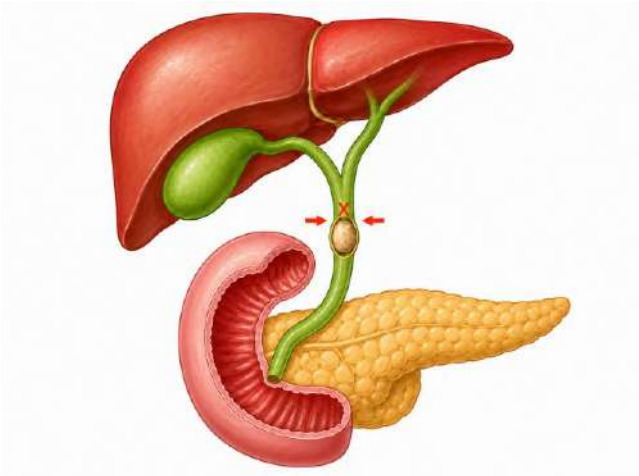
Задание 1.11.

На рисунке[8] показан момент принятия нагрузки в начале опорной фазы шага. Какое описание наиболее точно характеризует этот этап ходьбы?

- Коленный сустав ноги, ступающей на опору, начинает сгибаться, обеспечивая амортизацию.
- Масса тела переносится на переднюю часть стопы ноги, принимающей нагрузку.
- Коленный сустав ноги, принимающей массу тела, остаётся во время переноса на неё полностью разогнутым.
- Тазобедренный сустав продолжает сгибаться по мере переноса массы тела на опорную конечность.

Задание 1.12.

На рисунке[9] представлено патологическое изменение, нарушающее работу желчевыводящей системы. Какое нарушение пищеварения наиболее вероятно возникнет при данном состоянии?

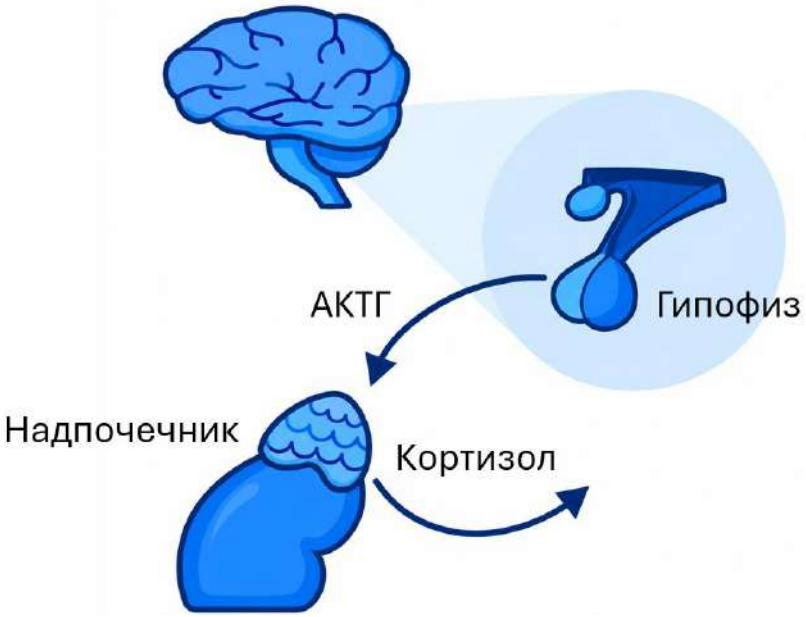


- ухудшение эмульгирования жиров
- прекращение переваривания белков
- прекращение секреции пепсина
- прекращение всасывания глюкозы

[8] https://drive.google.com/drive/folders/1zLhkAdbGVdIBVXcItN7_x6HInpS5XFPW?hl=ru
[9] https://drive.google.com/drive/folders/1zLhkAdbGVdIBVXcItN7_x6HInpS5XFPW?hl=ru

Задание 1.13.

Работой коры надпочечников управляет гипофиз[10]: он выделяет гормон АКТГ, который заставляет её вырабатывать глюкокортикоиды, например кортизол. Постоянный уровень этих гормонов поддерживается за счёт отрицательной обратной связи: чем больше гормонов коры надпочечников в крови, тем слабее гипофиз её стимулирует. При некоторых заболеваниях эти гормоны в течение месяцев вводят больному в виде лекарства. Заканчивают такое лечение всегда постепенно: дозу снижают в течение недель, шаг за шагом, и никогда не прекращают приём резко за один раз. Выберите утверждение, которое верно объясняет, чем опасен резкий отказ от препарата.



- Препарат накапливается в тканях, и после отмены он быстро выходит в кровь, вызывая отравление.
- За месяцы лечения собственная кора надпочечников почти перестала работать, и сразу после отмены препарата организм не сможет вырабатывать собственные гормоны.
- Клетки-мишени за время лечения лишаются рецепторов к этим гормонам, и сигнал от собственных надпочечников до них не доходит.
- После резкой отмены гипофиз выделяет стимулирующий гормон в избытке, и надпочечники истощаются.

[10] https://drive.google.com/file/d/1fD9eeOSrZErXFKnBKtI_bCiKA1IaXxE4/view?usp=drive_link

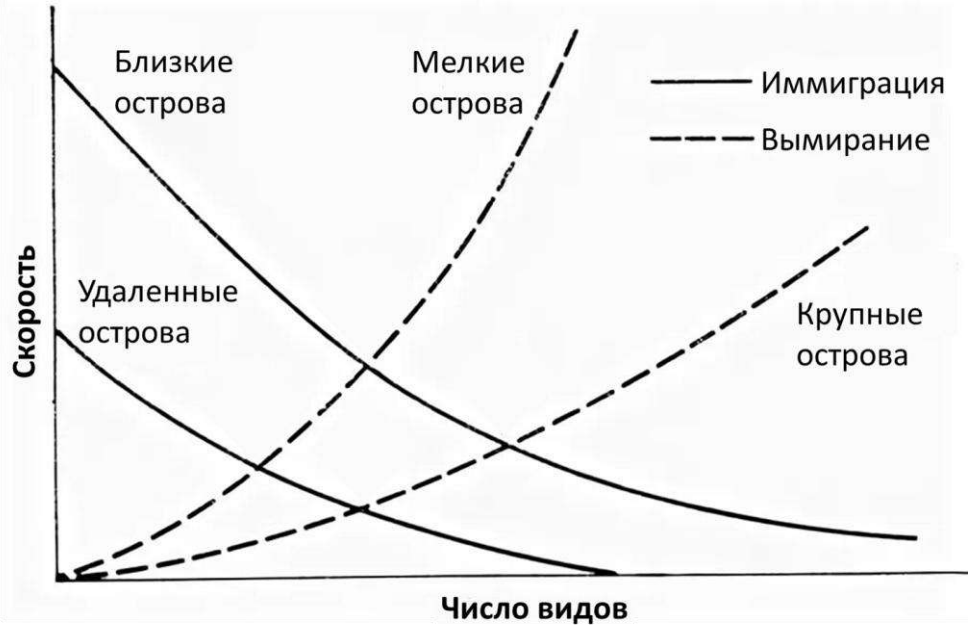
Задание 1.14.

Выберите правильную последовательность экосистем, расположенных в порядке **увеличения** их чистой первичной продукции биомассы на единицу времени и единицу площади.

- субтропическая песчаная пустыня – тундра – тропический дождевой лес – саванна
- тропический дождевой лес – саванна – тундра – субтропическая песчаная пустыня
- субтропическая песчаная пустыня – тундра – саванна – тропический дождевой лес
- саванна – тундра – субтропическая песчаная пустыня – тропический дождевой лес

Задание 1.15.

Островная теория описывает равновесное количество видов, способных существовать на острове в зависимости от его размеров и удалённости. Приведённый ниже график[11] демонстрирует скорость процессов заселения островов новыми видами и их вымирания в разных условиях. Рассмотрите графики и выберите верное утверждение.



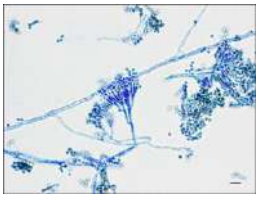
[11] http://ecologylib.ru/books/item/f00/s00/z0000041/st059.shtml

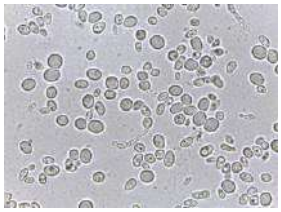
- Равновесное число видов будет наименьшим на маленьком острове, удалённом от большой земли.
- На крупном острове, расположенном вблизи от материка, повышение числа видов не будет ускорять их вымирание.
- Скорость заселения крупных островов остаётся постоянной с увеличением числа видов.
- Крупные удалённые острова достигают равновесного числа видов быстрее всего.

Задание 1.16.
Какой клеточный процесс, происходящий в органах и тканях, приводит к увеличению числа клеток?

- дифференциация клеток
- апоптоз клеток
- митоз клеток
- некроз клеток

Задание 1.17
Выберите фотографию[12], на которой показана спорообразующая бактерия.





Ответ:

[12] https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTN42J-YPHdrpY2ftzWSpy3byNdJkfYnluDO7wNVKDWg_kGGRQ7S71u-SQ&s=10
https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ7Tr_sPfvIF_o34TLWfo4bazBwvUqkjaUuMaaaGSBOECQLcWMEv7A7B9TL&s=10
https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQun0RlHwN3n4bmSZKVRqBMPDXNylNq4CBN8LU_Pr6zow&s=10
https://media.istockphoto.com/id/2184890657/photo/microscopic-view-of-yeast-cells.jpg?s=612x612&w=0&k=20&c=XKH8hD3FUnI6BQR9GtxB6iOi6xihf7Io5o-LBH_eaSE=

Задание 1.18.

Исследователи изучали белок, кодируемый ядерным геном и функционирующий в митохондриях. При удалении короткого участка с N-конца белка он продолжал нормально синтезироваться, однако вместо митохондрий обнаруживался преимущественно в цитоплазме. Какую функцию наиболее вероятно выполнял удалённый участок?

- Препятствовал выходу белка из митохондрии обратно в цитоплазму.
- Обеспечивал связывание белка с рибосомой и запуск его трансляции.
- Служил сигналом, распознаваемым системой импорта белков в митохондрию.
- Защищал синтезированный белок от расщепления протеазами цитоплазмы.

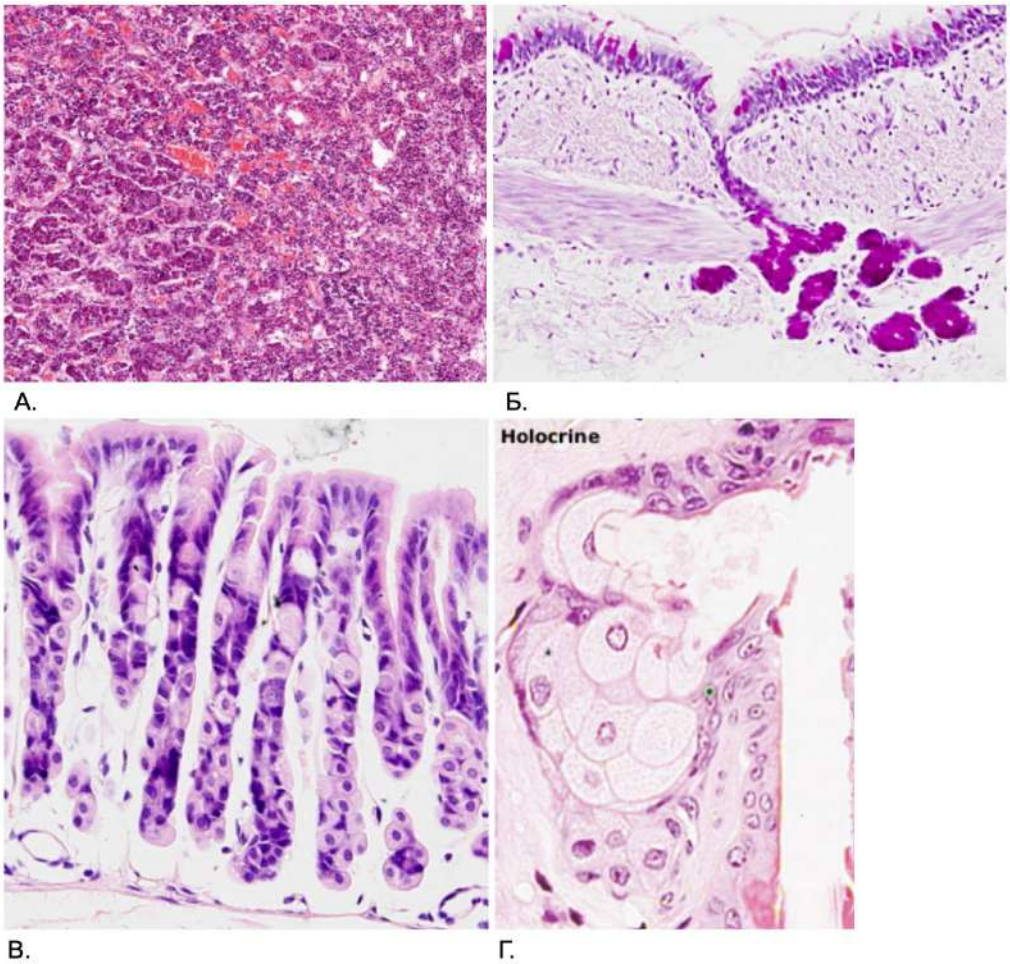
Задание 1.19.

Какой процесс возможен у белых кровяных телец (лейкоцитов) в отличие от эритроцитов?

- миграция через стенки сосуда
- созревание в костном мозге
- получение энергии в результате гликолиза
- смерть и утилизация в селезёнке

Задание 1.20.

На рисунках[13] представлены гистологические препараты четырёх желёз. Учитывая особенности их строения, определите, какая из них является эндокринной.



Ответ:

[13] https://histologyguide.com/galleryview/13-endocrine-glands.html?x=22493&y=21563&z=12.976
https://mmegias.webs.uvigo.es/02-english/a-imagenes-grandes/epitelio_glandula_exocrina.php
https://mmegias.webs.uvigo.es/02-english/guiada_a_glandular.php
https://drive.google.com/drive/folders/1zLhkAdbGVdIBVXcItN7_x6HInpS5XFPW?hl=ru

Задание 1.21

Первые этапы приготовления творога[14] включают нагревание молока до 80–85°C и добавление к нему лимонной кислоты, что приводит к разделению его на крупные белые хлопья творога и прозрачную зеленовато-жёлтую сыворотку. Какой биохимический процесс лежит в основе этой технологии?

- выпадение в осадок нерастворимых минеральных солей кальция
- гидролиз полисахаридов молока
- омыление липидов, приводящее к их выделению из раствора
- денатурация белков молока, например, казеина, и кислотная коагуляция белков

Задание 1.22.

Ферментативные методы анализа часто применяют в клинической диагностике для определения содержания субстратов в биологических образцах. Например, для определения содержания глюкозы в плазме крови иногда применяют фермент гексокиназу и сопряжённый с ним фермент НАД$^+$-зависимую глюкозо-6-фосфатдегидрогеназу по схеме ниже:

Гексокиназная реакция:

D-глюкоза + АТФ → D-глюкозо-6-фосфат + АДФ

Глюкозо-6-фосфатдегидрогеназная реакция:

D-глюкозо-6-фосфат + НАД$^+$→ D-глюконо-1,5-лактон-6-фосфат + НАДН

Возрастание количества какого компонента этой системы будет пропорционально количеству глюкозы в плазме крови?

- НАДН
- АТФ
- D-глюкозо-6-фосфат
- НАД$^+$

[14] https://eco-recept.ru/wp-content/uploads/wsi-imageoptim-3094042-700x525.jpg

Задание 1.23.

В ходе эксперимента исследователи встроили в геном *E.coli* ген рекомбинантной аминоацил-тРНК-синтетазы (фермента, присоединяющего аминокислоту к тРНК). Кодируемый этим геном белок содержит домен, распознающий лейциновую тРНК, и домен, связывающий аргинин. Какие изменения в процессе синтеза белка стоит ожидать в результате встраивания такого гена в геном *E.coli?*

- все лейцины в белках *E.coli* будут заменены на аргинин
- часть лейцинов в белках *E.coli* будет заменена на аргинин
- все аргинины в белках *E.coli* будут заменены на лейцин
- часть аргининов в белках *E.coli* будет заменена на лейцин

Задание 1.24.

Работа каких из перечисленных ниже молекул и структур призвана стимулировать транскрипцию?

- энхансер и репрессор
- индуктор и сайленсер
- сайленсер и энхансер
- энхансер и индуктор

Задание 1.25.

Выберите вариант, в котором мутации расположены в порядке возрастания «масштаба» их воздействия на геном (от изменений на уровне одного нуклеотида до глобальных перестроек хромосомного набора).

- замена нуклеотида – анеуплоидия – делеция
- выпадение нуклеотида – трисомия – дупликация
- вставка нуклеотида – инверсия – моносомия
- инверсия – полиплоидия –делеция

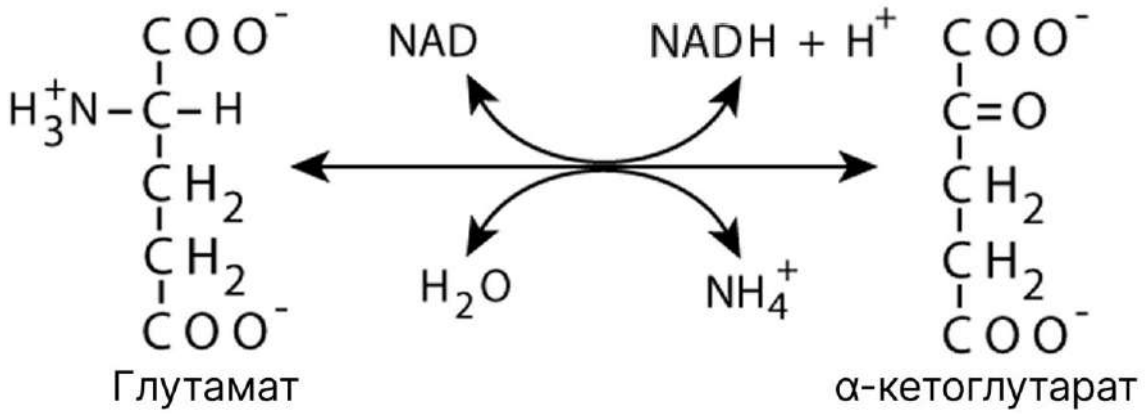
Задание 1.26.

Почему при квашении капуста приобретает характерный кислый вкус и способность долго храниться?

- дрожжи превращают сахар в этанол, который консервирует капусту
- при брожении выделяется кислород, подавляющий развитие анаэробных микроорганизмов
- бактерии в процессе развития полностью удаляют воду из капусты, что способствует её консервации
- молочнокислые бактерии образуют молочную кислоту, снижая pH продукта

Задание 1.27.

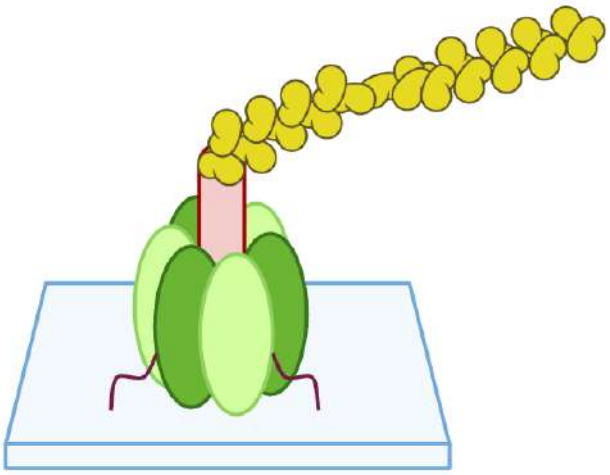
На картинке[15] перед вами изображена реакция, катализируемая ферментом глутаматдегидрогеназой. Выберите верное утверждение про эту важную реакцию, связывающую метаболизм аминокислот и цикл Кребса.



- При увеличении концентрации NADH равновесие смещается в сторону реакции образования α-кеторглутарата.
- Реакция фактически необратима, так как аммиак быстро выводится из реакционной смеси.
- Атом кислорода, появившийся у второго атома углерода α-кеторглутарата, соответствует атому кислорода в молекуле воды.
- В ходе реакции углеродный скелет молекулы укорачивается на один атом.

Задание 1.28.

На рисунке[16] ниже представлена схема эксперимента М. Йошида по изучению механизма работы АТФазы термофильной бактерии. Для этого эксперимента её F1-субъединицу (шапочку) прикрепляли к подложке. С другой стороны, на γ-субъединицу (стержень) прикрепляли флуоресцентно-меченый актиновый филамент.



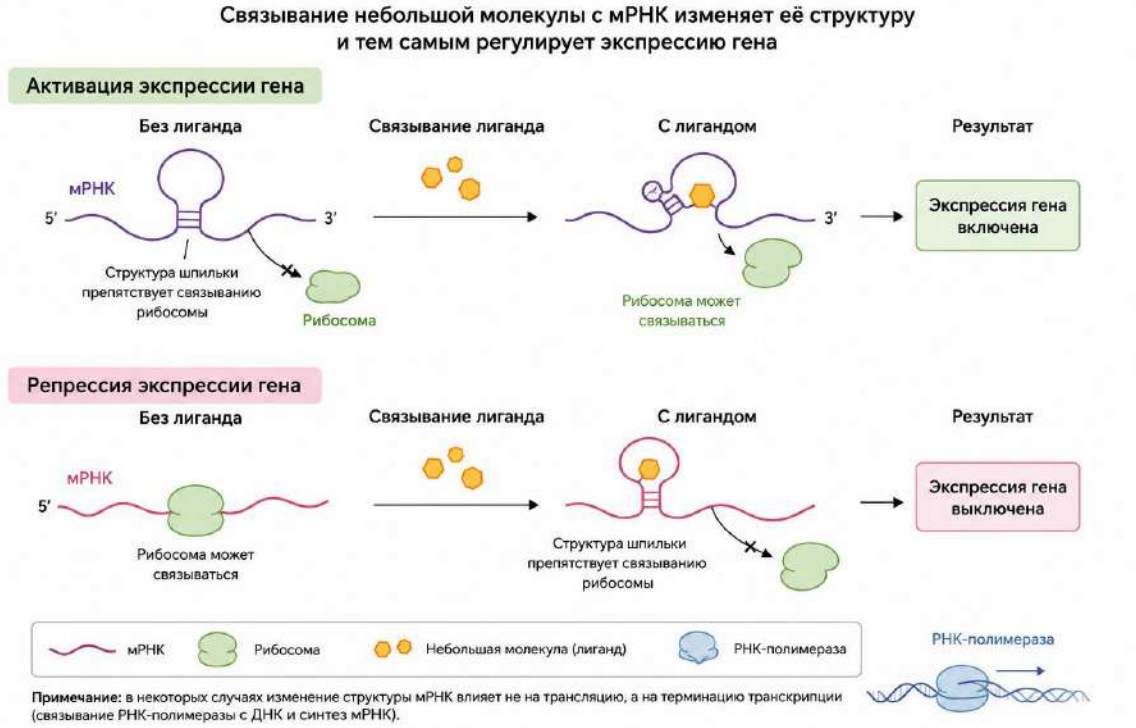
Что заметили учёные при проведении этого эксперимента?

[15] Frame 57.png
[16] https://drive.google.com/file/d/1ke1q02qWSFaTr2CvLU7RiG4IVLCSC8YS/view?usp=drive_link

- При добавлении АТФ АТФаза начинала гидролизовать молекулы актинового филамента, укорачивая его.
- При добавлении АТФ F1-субъединица начинала вращаться вместе с актиновым филаментом.
- При добавлении АТФ начинала вращаться γ-субъединица с филаментом, но не F1-субъединица АТФазы.
- Добавление ингибиторов АТФазной активности ускоряло вращение актинового филамента в присутствии АТФ.

Задание 1.29.

На рисунке[17] представлен один из механизмов регуляции экспрессии генов. Небольшая молекула-лиганд связывается непосредственно с регуляторным участком мРНК, после чего изменяется её вторичная структура. Какой вывод наиболее точно описывает механизм, представленный на рисунке?

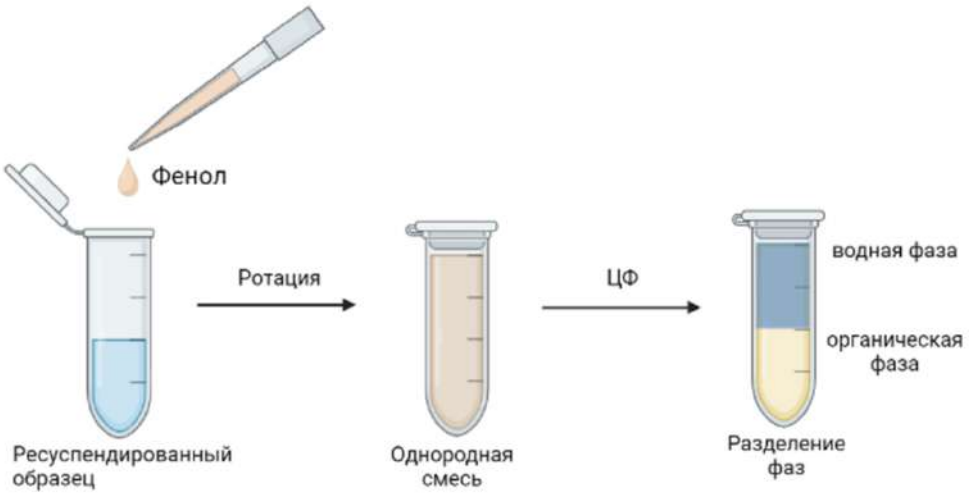


- Лиганд изменяет последовательность нуклеотидов мРНК, создавая новый регуляторный участок.
- Для распознавания концентрации лиганда клетке обязательно требуется отдельный белок-рецептор.
- Связывание лиганда может изменять доступность участков мРНК для компонентов аппарата транскрипции или трансляции.
- Лиганд связывается с рибосомой и изменяет последовательность аминокислот синтезируемого белка.

[17] https://drive.google.com/file/d/13PEvK1Zy7bxtj87XzbOypl2LBejkta3_/view?usp=sharing

Задание 1.30.

На рисунке[18] показана одна из стадий стандартного протокола выделения ДНК из клеток. Клетки разрушают, получая водный раствор, в котором вместе оказываются ДНК, РНК, белки и липиды. К этому раствору добавляют нейтральный по реакции среды органический растворитель, не смешивающийся с водой, и энергично встряхивают. После отстаивания смесь разделяется на две фазы, а молекулы распределяются между ними. Где в основном окажется ДНК?



- в водной фазе
- в органической фазе
- на разделе двух фаз (в «промежуточной» фазе)
- равномерно распределится по всему объёму пробирки

[18] Screenshot 2026-08-30 at 04.50.12.png

Часть 2

Вам предлагаются тестовые задания с множественными вариантами ответа (от 1 до 5). Ваше решение относительно каждого (выбор, верен данный вариант ответа или нет) оценивается в 2 балла. За ошибочное решение вычитается 2 балла. Минимальное количество баллов за каждое задание – 0. Максимальный балл – 10.

Задание 2.1.

Выберите все расщепления, которые можно получить в первом поколении от скрещивания красного высокого растения томата с красным низкорослым, если известно, что эти признаки наследуются аутосомно и моногенно (гены находятся в разных хромосомах). Аллели, определяющие красную окраску и высокий рост, полностью доминируют над аллелями, определяющими жёлтую окраску и низкорослость. Аллели генов являются нелетальными.

- все потомки красные высокие
- ⅔ красные высокие : ⅓ жёлтые высокие
- ½ красные высокие : ½ жёлтые высокие
- ½ красные высокие : ½ красные низкорослые
- ⅓ красные высокие : ⅓ красные низкорослые : ⅙ жёлтые высокие : ⅙ жёлтые низкорослые

Задание 2.2.

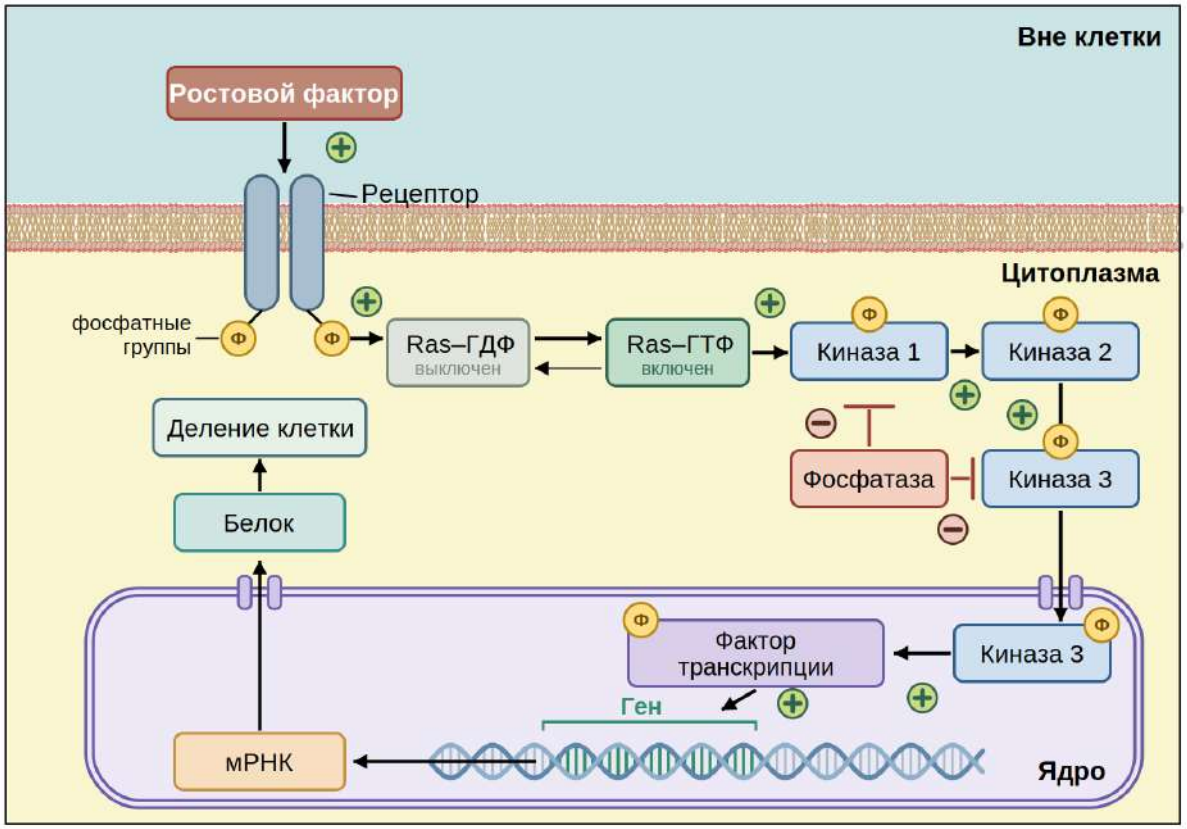
Ауксин иногда образно называют «гормоном благополучия апекса побега». Он синтезируется преимущественно в молодых растущих тканях верхушки побега и полярно транспортируется от неё к основанию растения. Таким образом, высокая концентрация ауксина служит одним из сигналов наличия активно растущего апекса.

Выберите процессы, которым способствует действие ауксина.

- Подавление развития боковых почек и поддержание апикального доминирования главного побега.
- Стимуляция образования боковых и придаточных корней, способствующая развитию корневой системы.
- Участие в дифференцировке проводящих тканей, в частности в формировании элементов ксилемы.
- Стимуляция роста боковых почек при сохранении активно растущей верхушки побега.
- Ингибирование роста и ветвления корневой системы независимо от концентрации ауксина.

Задание 2.3.

На схеме[19] показан внутриклеточный каскад реакций, происходящий при действии ростового фактора на клетку. Рассмотрите её и выберите верное(-ые) утверждение(-ия).



- Система киназ и белок Ras активируются с помощью посттрансляционной модификации (фосфорилирования).
- Если фосфатаза перестанет работать, деление клетки прекратится.
- Если Ras потеряет способность расщеплять ГТФ, клетка будет делиться и без ростового фактора.
- Киназа 3 должна обладать способностью попадать в ядро.
- Если заблокировать киназу 3, ген перестанет включаться даже при избытке ростового фактора.

[19] https://drive.google.com/file/d/11-zrbDxDUiVQeBvXYAgQa0fb-o-WPZy6/view?usp=sharing

Задание 2.4.

Выберите верное(-ые) утверждение(-ия) о стафилококке[20], образующем золотистые колонии на данной чашке Петри. При окрашивании по методу Грама клетки приобретают фиолетовый цвет.

- это – грамположительный микроорганизм
- это – условный патоген, который может вызывать внутрибольничные инфекции
- основная морфология – палочки
- этот микроорганизм может поражать разные органы и вызывать системные инфекции
- некоторые штаммы обладают резистентностью к нескольким антибиотикам одновременно

Задание 2.5.

При повреждении одной из структур зрительной системы человек перестал видеть, однако реакция зрачков на яркий свет осталась. Какие из приведённых утверждений могут соответствовать описанной ситуации?

- такое сочетание симптомов невозможно, при утрате зрения произойдёт исчезновение реакции зрачков на свет
- такое сочетание нарушений возможно только при повреждении структур, расположенных внутри глазного яблока
- структуры, обеспечивающие зрительное восприятие и реакцию зрачка на свет, могут повреждаться избирательно независимо друг от друга
- сохранение реакции зрачка на свет не означает сохранности зрительного восприятия
- наличие реакции зрачков на свет означает, что информация обязательно достигает зрительной коры

[20] https://disk.yandex.ru/i/j9WoFoh1I8fRNQ

Задание 2.6.

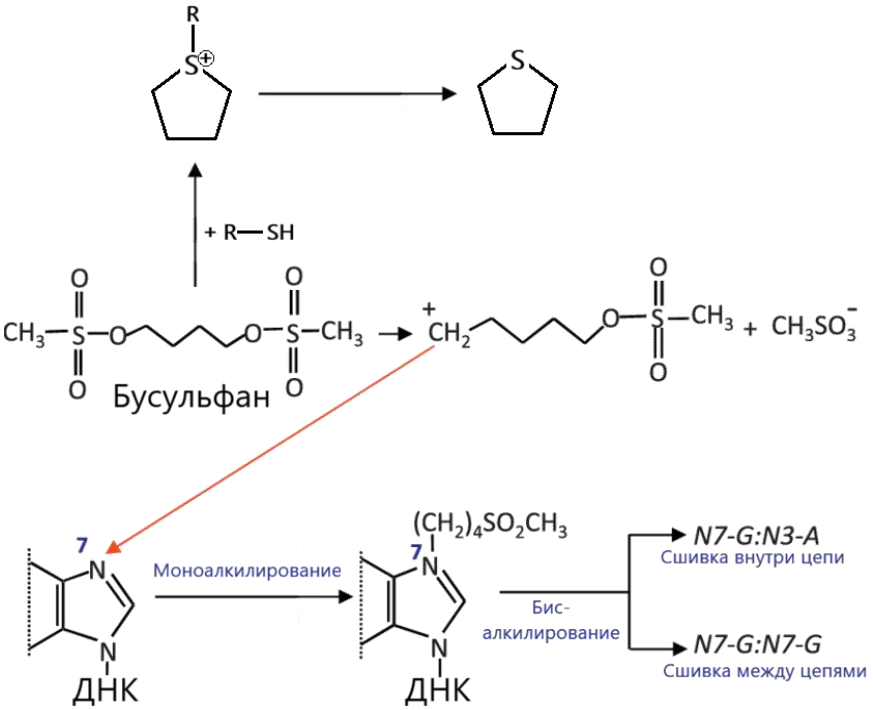
Существует огромное множество соединений, способных влиять на разнообразные клеточные процессы и структуры. Одним из таких веществ является бусульфан – соединение с довольно простой химической структурой, нашедшее своё применение в медицине.

Бусульфан – лекарственное вещество, которое может присоединять свои фрагменты к молекулам ДНК. Такое присоединение называют алкилированием. На схеме показано, что бусульфан может образовывать связи с азотистыми основаниями ДНК, в том числе «сшивать» две цепи ДНК между собой. Повреждённая таким образом ДНК плохо копируется, поэтому клетка может погибнуть или перестать делиться.

В клетках есть вещество глутатион (обозначено R–SH). Оно способно связывать многие чужеродные и токсичные вещества. После связывания с глутатионом такие вещества обычно становятся менее опасными и легче выводятся из клетки – это один из путей детоксикации.

Кроветворные стволовые клетки находятся в красном костном мозге и дают начало клеткам крови. Перед пересадкой донорских или генетически изменённых стволовых клеток собственные клетки костного мозга пациента иногда специально уничтожают лекарствами. Это называют кондиционированием. Для выделения клеток из крови или костного мозга используют специальные процедуры, а не препараты, повреждающие ДНК.

На схеме ниже представлены основные превращения, которым бусульфан может подвергаться в клетках.



Внимательно изучите схему[21] и выберите верные суждения.

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

- В клетках может происходить детоксикация бусульфана.
- Бусульфан может взаимодействовать с глутатионом, в результате переходя в более активную форму.
- Бусульфан эффективен лишь в отношении активно делящихся в момент его применения клеток.
- Бусульфан может применяться с целью извлечения части гемопоэтических клеток красного костного мозга для их дальнейшей геннотерапевтической модификации.
- Бусульфан может применяться с целью уничтожения существующих гемопоэтических клеток человека (кондиционирования) перед трансплантацией костного мозга.

Задание 2.7.

Исследователи изучали белок X, способный связываться с РНК. Они предположили, что белок X влияет на синтез белка Y. В экспериментальных клетках увеличивали количество белка X, после чего определяли количество мРНК гена Y, количество белка Y и количество мРНК Y, ассоциированной с рибосомами.

Для каждого измеряемого показателя значение в контрольной группе было принято за 100 %. Таким образом, приведённые значения отражают изменение показателя относительно контроля и не являются абсолютной долей молекул в клетке.

Показатель	**Контроль**	**+ белок X**
Количество мРНК гена Y	100 %	96 %
Количество белка Y	100 %	21 %
Количество мРНК Y, ассоциированной с рибосомами	100 %	24 %

Выберите верные утверждения.

- Белок X существенно снижает количество мРНК гена Y в клетке.
- Полученные результаты согласуются с тем, что белок X подавляет трансляцию мРНК гена Y.
- Снижение количества белка Y можно объяснить преимущественно уменьшением общего количества его мРНК.
- Белок X может препятствовать связыванию рибосом с мРНК гена Y.
- Представленные результаты сами по себе не позволяют утверждать, что белок X изменяет последовательность ДНК гена Y.

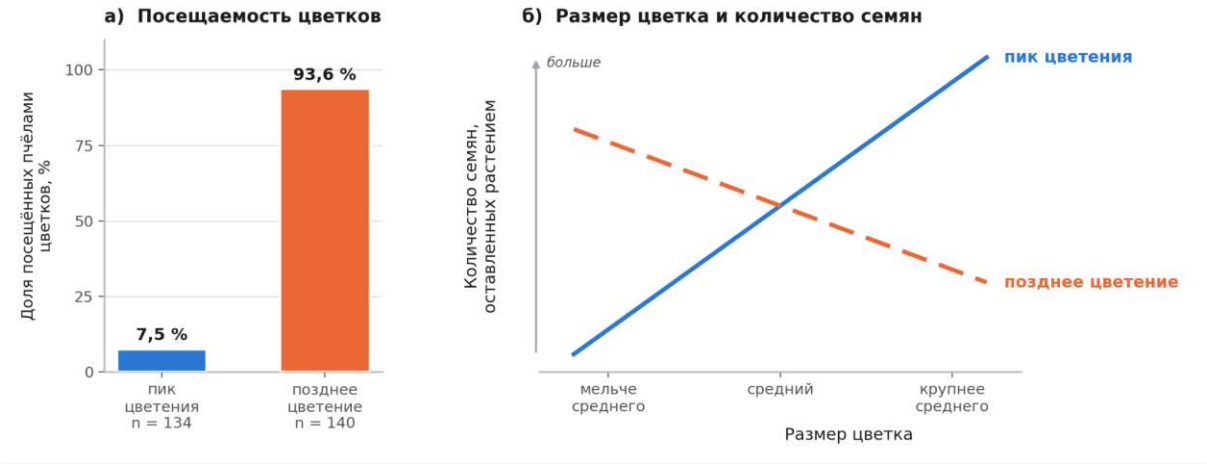
Задание 2.8.

Цветы кустарника *Stigmaphyllon paralias,* произрастающего на северо-востоке Бразилии, лишены нектара. Вместо него для привлечения пчёл-опылителей растение использует масло, выделяемое специальными желёзками цветка. Учёные изучали паттерны цветения и опыления этого вида растения. Оказалось, что кустарники этого вида зацветают не одновременно, а в два отдельных промежутка времени:

- пик цветения – цветущих растений много, пчёл относительно мало;
- позднее цветение, через три-четыре недели после пика – цветущих растений мало, пчёл относительно много

В недавнем исследовании были изучены различия растений, цветущих в разные периоды. Результаты частично представлены на картинке[22] ниже. На графике изображена зависимость посещаемости цветов пчёлами от периода цветения (a). График (b) иллюстрирует зависимость количества образовавшихся семян от размера цветка в разные периоды цветения.

На основании приведённых данных выберите верное(-ые) утверждение(-ия).



- В пик цветения подавляющее большинство цветков вообще не посещалось пчелами, тогда как в период позднего цветения посещались почти все.
- Из приведённых данных следует, что поздно зацветающие растения в среднем оставляют больше семян, чем зацветающие в пик сезона.
- Если бы цветки не разделяли по периодам цветения, то обнаружить связь между размером цветка и количеством семян было бы сложнее.
- Крупные цветки привлекают пчёл лучше мелких при любой численности опылителей.
- В течение одного сезона направление отбора по размеру цветка сменилось на противоположное, что обусловлено направленным появлением мутаций у растений.

[22] flower_graph.png

Задание 2.9.

На схеме[23] изображена последовательность процессов, происходящих с генетическим материалом некоторого вируса с момента попадания в клетку хозяина. Цифрами отмечены молекулы нуклеиновых кислот, буквами X и Y некоторые молекулярно-биологические процессы. Изучите схему и выберите верное(-ые) утверждение(-ия).

- Цифрами 1 и 2 обозначены двухцепочечные молекулы нуклеиновых кислот
- Генетический материал данного вируса представлен +РНК
- Буквой Y обозначен процесс репликации РНК
- Буквой X обозначен процесс транскрипции
- Цифрой 2 обозначена двухцепочечная ДНК

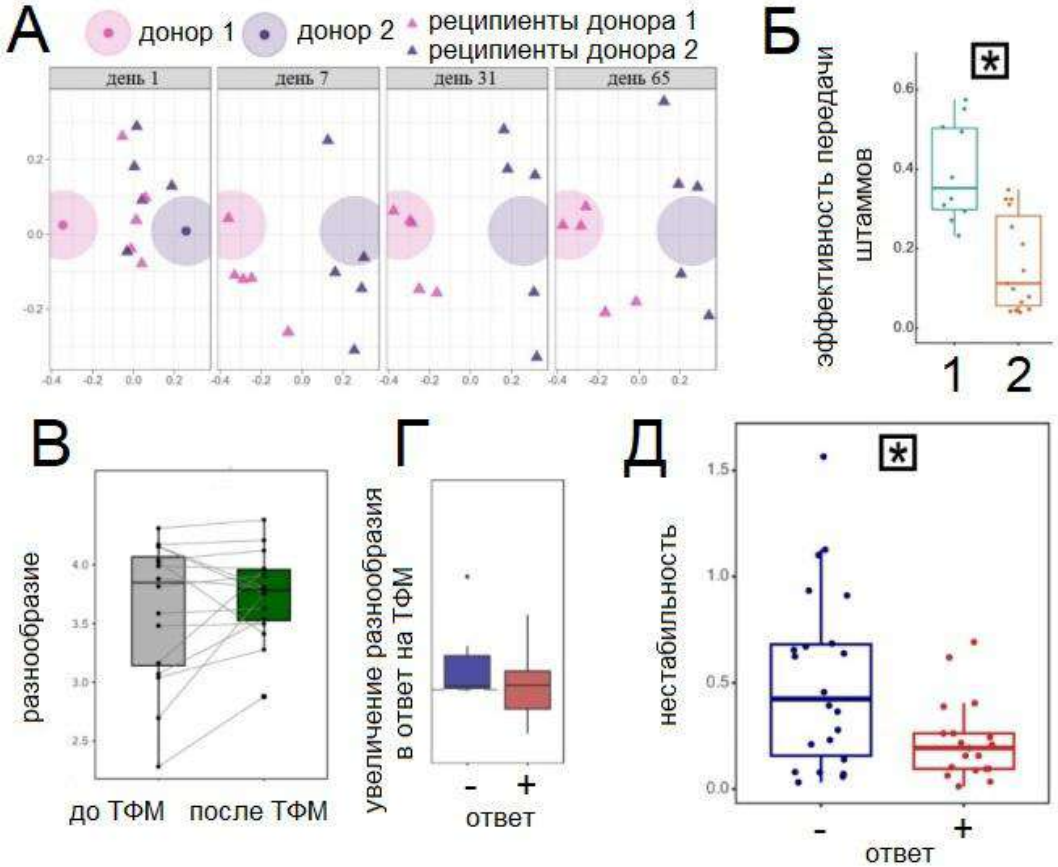
Задание 2.10.

Трансплантация фекальной микробиоты (ТФМ)[24] – процедура пересадки кишечных бактерий от здорового донора больному реципиенту. Известно, что в некоторых случаях ТФМ способна улучшать результаты противоопухолевой терапии, однако механизмы этого явления пока не ясны. В 2023 году группа учёных, используя генетические и микробиологические подходы, изучила влияние ТФМ на пациентов, лечащихся от меланомы. Некоторые из пациентов при этом демонстрировали ответ (уменьшение или исчезновение очагов опухоли). Сама ТФМ могла осуществляться двумя способами – колоноскопически (более надёжный метод) и перорально.

Сначала учёные оценили сходство микробиоты доноров и реципиентов через различные временные промежутки после ТФМ; результат их оценки отражён на рисунке А (шкалы осей являются безразмерными; чем ближе две точки на диаграмме, тем больше сходство). Затем исследователи проанализировали, как способ проведения ТФМ влияет на эффективность передачи штаммов микроорганизмов; их результат приведён на рисунке Б (вид представления данных – «ящик с усами»; половина всех значений сосредоточена внутри границ «ящика»), звёздочкой показано наличие статистически достоверной разницы между группами (отсутствие звёздочки говорит о том, что статистически обоснованный вывод о различиях сделать нельзя). На рисунках В и Г отражено разнообразие микробиоты пациентов до и после ТФМ и её изменение у пациентов с ответом и без него соответственно. Кроме того, учёные оценили

[23] https://drive.google.com/file/d/1u-mWhlDAMfmNjMBPHjXT2WXv4VS7hUNJ/view?usp=sharing
[24] https://drive.google.com/file/d/1DDh9hxAnL7WALVu9c_Zyi9jVmXZFEk4w/view?usp=drive_link

быстроту изменения (нестабильность) микробиоты пациентов. Результат показан на рисунке Д. Выберите верные утверждения.



- У пациентов с ответом на ТФМ микробиота со временем становилась более похожей на донорскую.
- Цифрой 1 обозначен колоноскопический, а цифрой 2 – пероральный метод проведения ТФМ.
- Разнообразие микробиоты пациентов, продемонстрировавших ответ, увеличивается после ТФМ, тогда как у пациентов, не продемонстрировавших ответ, оно снижается. За счёт этого в среднем разнообразие микробиоты в ответ на ТФМ не изменяется.
- Микробиота пациентов, ответивших на терапию, была более стабильна, чем микробиота не ответивших пациентов.
- Полученные данные согласуются со связью большей стабильности микробиоты с ответом на ТФМ.

Часть 3

За каждое верное соотнесение начисляется 2 балла.

Задание 3.1.

Модель транспорта[25] сахарозы по флоэме включает в себя несколько процессов, происходящих в механизмах работы клеток.

Соотнесите каждый процесс либо с зоной загрузки флоэмы, либо с зоной её разгрузки.

Процесс	Зоны
А) В мембране клеток флоэмы работают вносящие транспортёры сахарозы.	1) Зона загрузки флоэмы
Б) Работа этой зоны поддерживается при достаточном снабжении водой из ксилемы.	2) Зона разгрузки флоэмы
В) При активной работе этой зоны флоэмы в соседних клетках включаются ферменты, расщепляющие крахмал.	
Г) Прорастающий в темноте клубень картофеля является этой зоной для растения.	
Д) Концентрация сахарозы в этой зоне выше, чем в другой зоне.	
Е) Активен фермент инвертаза, разрушающий сахарозу.	

Ответ:	А	Б	В	Г	Д	Е

[25] https://drive.google.com/file/d/15nDWyEAoyH52ZJeXpQl9RJupC9HPFEEG/view?usp=drive_link

Задание 3.2.

В световой фазе фотосинтеза перенос электронов между компонентами тилакоидной мембраны сопряжён с образованием протонного градиента и синтезом АТФ и НАДФН.

Сопоставьте компоненты фотосинтетического аппарата (А–Д) с процессами (1–6), в которых они непосредственно участвуют. Один вариант является лишним.

А) Фотосистема II

Б) Пластохинон

В) Цитохромный комплекс b_6f

Г) Фотосистема I

Д) АТФ-синтаза

1) Использование энергии света для образования сильного восстановителя, электроны которого в дальнейшем могут быть переданы на НАДФ$^+$.

2) Перенос электронов и протонов от фотосистемы II к цитохромному комплексу b_6f.

3) Окисление воды с выделением молекулярного кислорода и поступлением электронов в электрон-транспортную цепь.

4) Использование энергии протонного градиента для фосфорилирования АДФ.

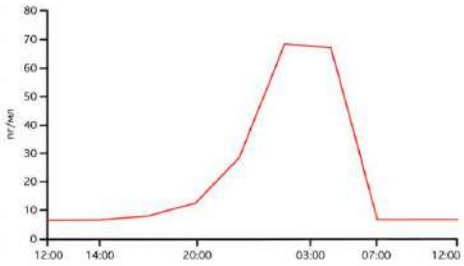
5) Перенос электронов, сопряжённый с увеличением концентрации протонов в просвете тилакоида.

6) Фиксация CO_2 с образованием органических соединений.

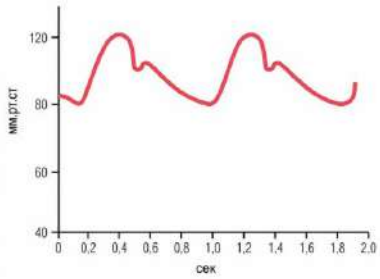
Ответ:	А	Б	В	Г	Д

Задание 3.3.

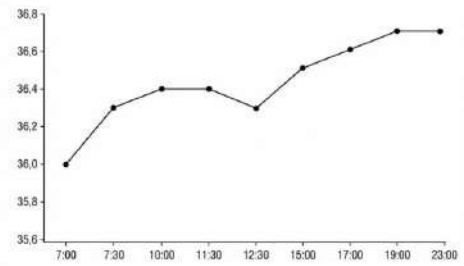
Перед вами пять графиков[26], отражающих изменение различных физиологических показателей во времени. Сопоставьте каждый график с процессом, динамику которого он наиболее вероятно отражает.



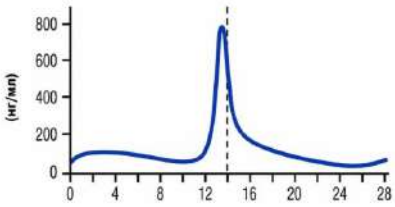
А.



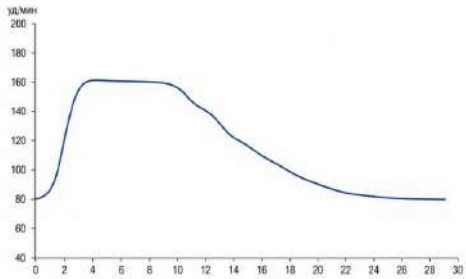
Б.



В.



Г.



Д.

1) Изменение концентрации мелатонина в крови в течение суток.

2) Изменение концентрации лютеинизирующего гормона в течение менструального цикла.

3) Изменение температуры тела человека в течение суток.

4) Изменение давления в аорте в течение нескольких сердечных циклов.

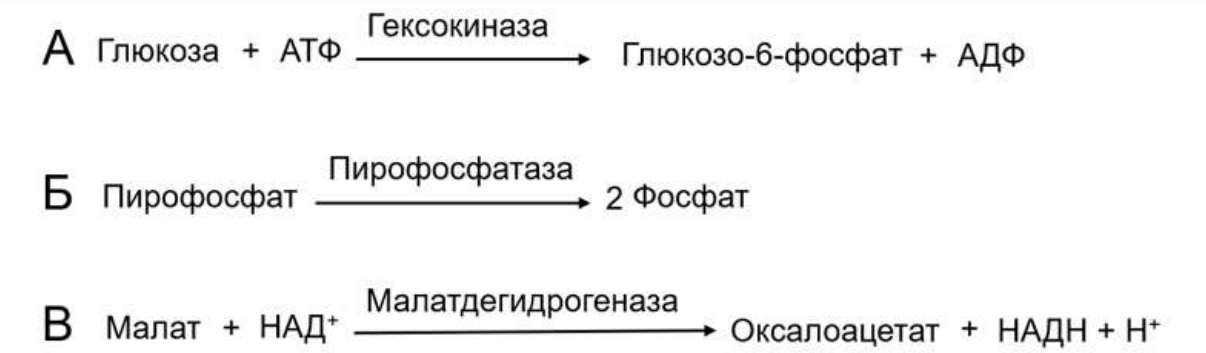
5) Изменение частоты сердечных сокращений во время физической нагрузки и последующего восстановления.

Ответ:	А	Б	В	Г	Д

[26] https://drive.google.com/drive/folders/1zLhkAdbGVdIBVXcItN7_x6HInpS5XFPW?hl=ru

Задание 3.4. (по 1 баллу за каждое верное сопоставление)

Соотнесите схемы[27] биохимических реакций в животной клетке (А–В) с их описанием (1–3) и с процессами, частью которых они являются (I–III).



1. окислительно-восстановительная реакция
2. реакция с присоединением заряженной группы на нейтральную молекулу
3. реакция гидролиза

I. цикл Кребса
II. транскрипция
III. гликолиз

	А	Б	В
Ответ:			

[27] https://drive.google.com/file/d/1dABeltcPidnfOXL-yjS61yE4tcttOmTt/view?usp=sharing

Часть 4

За каждую верно решённую задачу начисляются 3 балла.

Задание 4.1.

Каталаза – один из самых эффективных ферментов. Один активный центр может катализировать разложение 10^7 молекул перекиси водорода в секунду. Сколько времени понадобится тысяче активных центров каталазы на полное разложение перекиси в 1 мл раствора перекиси водорода с концентрацией 0,05 микромоль/л? Число Авогадро примите равным $6{,}02 \times 10^{23}$ 1/моль. Ответ запишите в целых секундах.

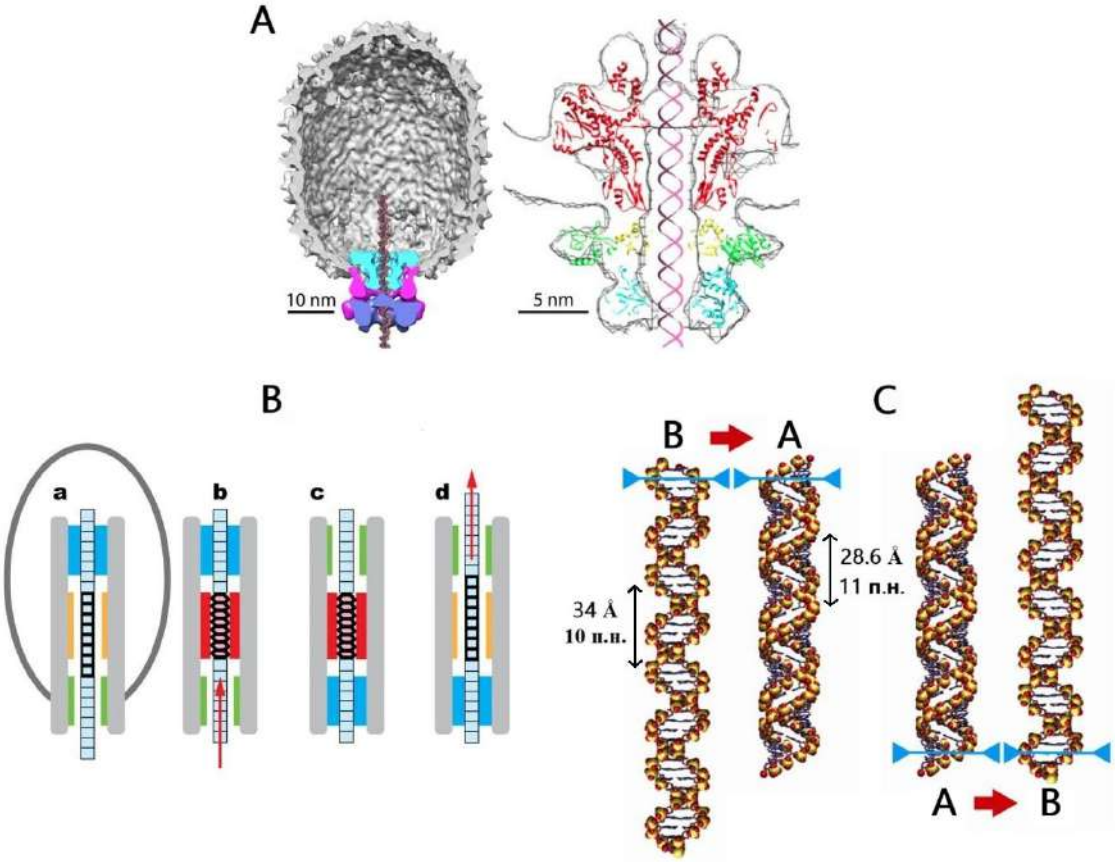
Ответ:

Задание 4.2.

В жизненном цикле[28] вирусов из реалма *Duplodnaviria* происходит загрузка генома в предварительно сформированный капсид через структуру, называемую портальной порой (рисунок А). Белки, осуществляющие данный процесс, являются одними из самых мощных биологических двигателей. Одна из моделей, описывающих функционирование данных белков – гипотеза скручивающегося червя (scrunch worm hypothesis, рисунок В), которая подразумевает переход между В-формой и А-формой ДНК (рисунок С, указаны характеристики одного витка двойной спирали).

На рисунке В показана предполагаемая последовательность работы портального комплекса. Портальный белок образует канал, через который проходит двуцепочечная ДНК. В исходном состоянии (а) участок ДНК находится внутри канала. За счёт циклических конформационных изменений белков комплекса происходит последовательное захватывание и проталкивание ДНК вперёд (б–г). При этом белки взаимодействуют с поверхностью двойной спирали и могут изменять её пространственную конфигурацию: участок ДНК временно переходит между В- и А-формой. Такой переход сопровождается изменением шага спирали и приводит к смещению ДНК относительно портального канала.

[28] https://drive.google.com/file/d/1FEpQqRuMzxfmcvbSo_gvQCnJ5IhxIB5L/view?usp=drive_link



Какому числу пар оснований B-ДНК соответствует величина осевого перемещения? Рассчитайте длину последовательности (в п. н. в B-форме), которая будет перемещена в результате конформационных переходов на участке, содержащем ровно 4 витка (в B-форме). Ответ округлите до десятых и запишите через разделитель-запятую.

Примечание.

Осевое перемещение – это расстояние вдоль продольной оси двойной спирали ДНК, на которое смещается участок молекулы при переходе между конформациями. Оно определяется разницей в расстоянии, приходящемся на одну пару оснований в разных формах ДНК. Например, если в B-форме одна пара оснований увеличивает длину молекулы на 3,4 Å, а в A-форме – на 2,6 Å, то при переходе участка из B-формы в A-форму каждая пара оснований приводит к укорочению спирали на 0,8 Å.

Ответ:

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
БИОЛОГИЯ. 2026–2027 уч. г.
ШКОЛЬНЫЙ ЭТАП. 11 КЛАСС
ЗАДАНИЯ, ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

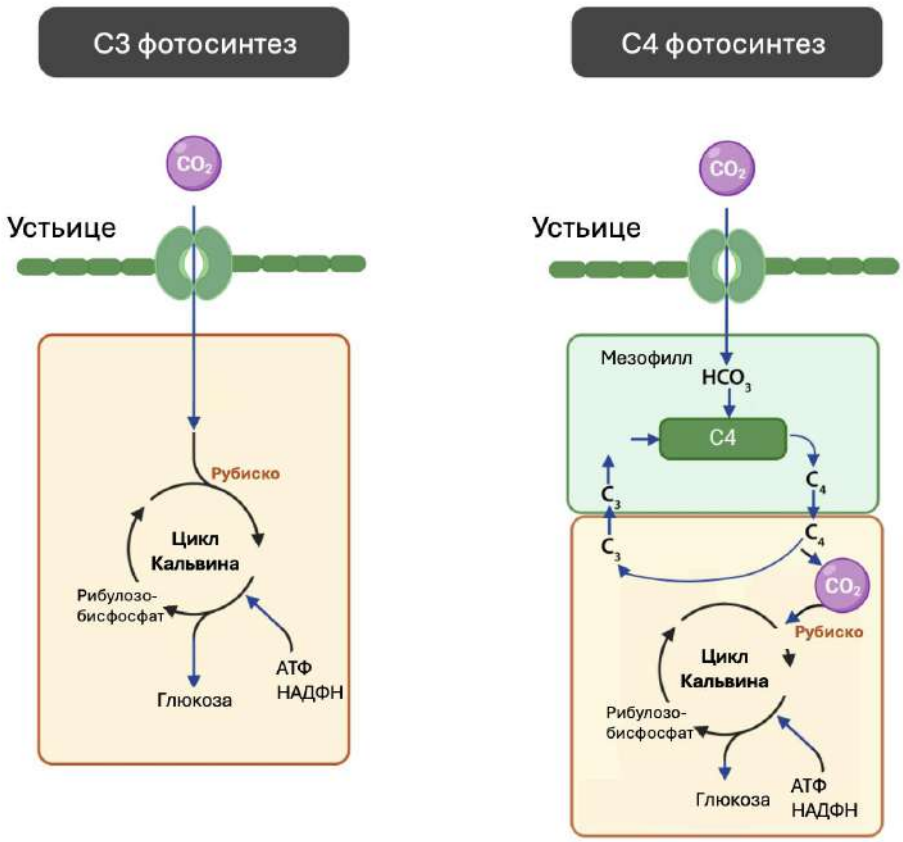
Максимальный балл за работу – 300.

Часть 1

На каждый вопрос даны четыре варианта ответа. Выберите только <u>один</u> правильный. Максимальный балл за каждое задание - 5.

Задание 1.1.

При изотопном мечении в исследуемую молекулу включают радиоактивные изотопы, по которым можно проследить дальнейшую судьбу атомов. Поэтому метод изотопного мечения позволяет разгадывать пути биохимических превращений в клетках. Двум освещённым растениям разных видов (А и Б) внесли в газовую среду углекислый газ, меченный по углероду радиоактивным изотопом ^{14}C, и последовательно отбирали пробы листьев в течение нескольких минут. В пробах анализировали, в каких молекулах содержится изотоп ^{14}C. Самые первые молекулы, где он может быть детектирован, – это 3-фосфоглицериновая кислота у растения А и оксалоацетат у растения Б. Основываясь на данных этого опыта, а также на схемах протекания С3 и С4 фотосинтеза, выберите верное утверждение.[1]



[1] https://drive.google.com/file/d/1k-C9t5rpwMFP3AnXYAK6CYFUy5T56yUE/view?usp=drive_link

- У растения А меченый углекислый газ присоединяется к углеродному скелету субстрата дважды.
- Через определённое время у обоих растений углерод ^{14}C будет в составе молекул сахарозы, которые будут транспортироваться из листьев в нефотосинтезирующие части растений.
- Растение А проводит фиксацию углерода по САМ-типу фотосинтеза, а растение Б – по С3-типу.
- Первичная фиксация углерода у обоих видов растений происходит в хлоропластах.

Задание 1.2.

При статистической обработке результатов эксперимента часто рассчитывают p-value (p-значение). Если p-value меньше заранее выбранного критического уровня значимости α, различия считают статистически значимыми и нулевую гипотезу отвергают.

Исследователи проверяли, влияет ли добавление минеральной подкормки на количество плодов у растений. После сравнения экспериментальной и контрольной групп было получено p-value (p-значение) = 0,03. Критический уровень значимости заранее установили как α = 0,05. Какой вывод корректно сделать на основании полученного результата?

- Полученный результат доказывает, что именно минеральная подкормка является причиной наблюдаемых различий между группами.
- Вероятность того, что минеральная подкормка не влияет на количество плодов, составляет 3 %.
- Различия между группами не являются статистически значимыми, поскольку p-value должно быть больше α.
- Различия между группами статистически значимы, поэтому нулевая гипотеза может быть отвергнута.

Задание 1.3.

Какой из организмов широко используется для промышленного получения лимонной кислоты?

- дрожжи
- молочнокислые бактерии
- чёрная плесень (*Aspergillus niger*)
- инфузория-туфелька

Задание 1.4.

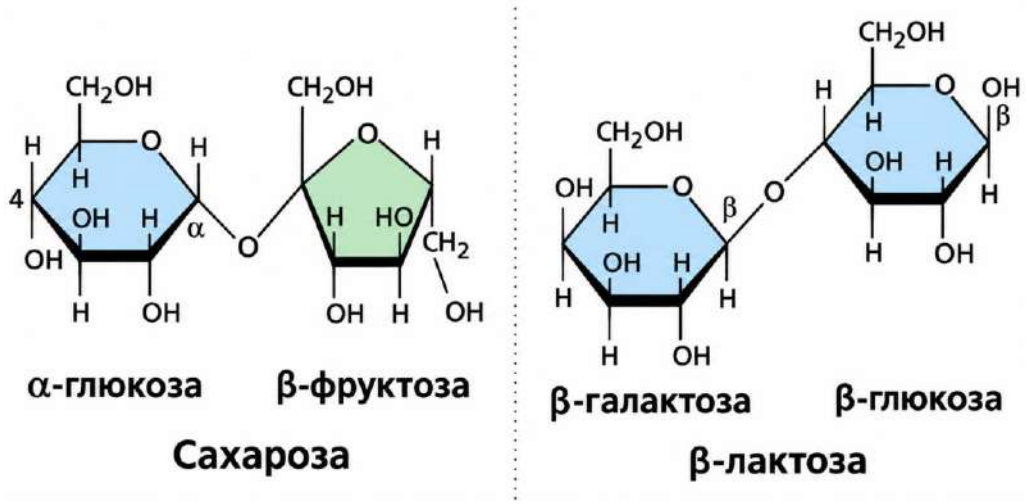
Хемосинтетики (хемоавтотрофы) – это организмы, которые получают энергию для жизни за счёт окисления неорганических веществ, а не от солнечного света, как растения. Одна из форм хемосинтеза – окисление сероводорода для получения энергии для метаболизма. Какой ещё субстрат может подойти для культивирования термофильной бактерии-хемосинтетика с другим вариантом этого процесса?

- глюкоза
- хитин
- <u>водород</u>
- нитрат

Задание 1.5.

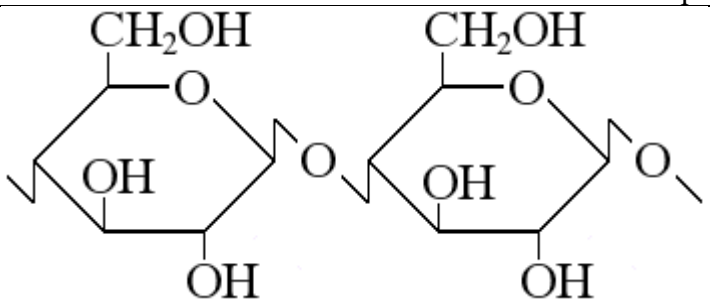
В семенах злаков в наружном слое эндосперма – алейроновом слое – при прорастании синтезируется альфа-амилаза. Этот фермент расщепляет альфа-гликозидную связь в углеводах запасных гранул эндосперма.

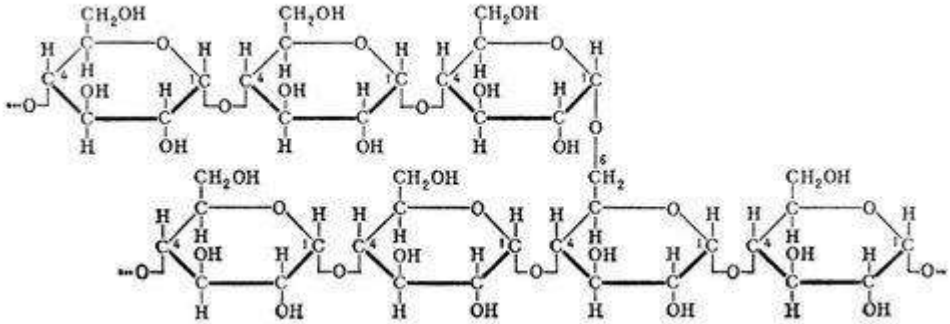
Альфа-гликозидная связь отличается от бета-связи положением заместителя при первом атоме углерода в циклической структуре сахара. Гидроксогруппа в альфа-конфигурации сахара направлена вниз при изображении в проекции Хеуорса. В сахарозе альфа-связь образована глюкозой, соединённой с фруктозой (показано на картинке). В бета-конфигурации молекулы гидроксогруппа направлена вверх. В качестве примера можно привести лактозу, у которой галактоза формирует бета-гликозидную связь с глюкозой[2].

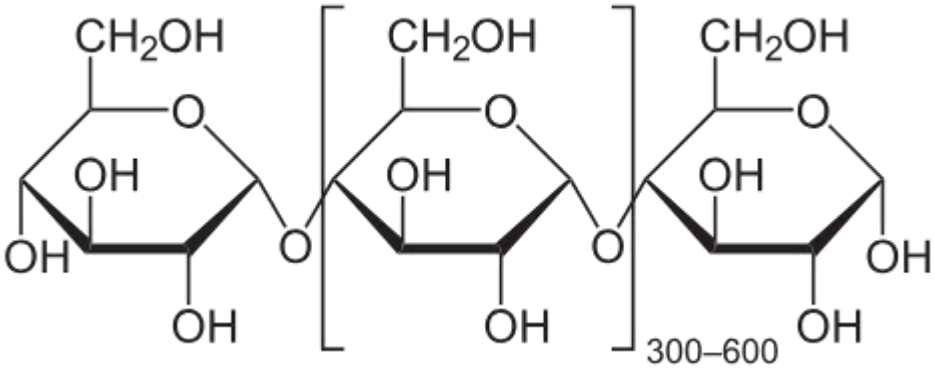


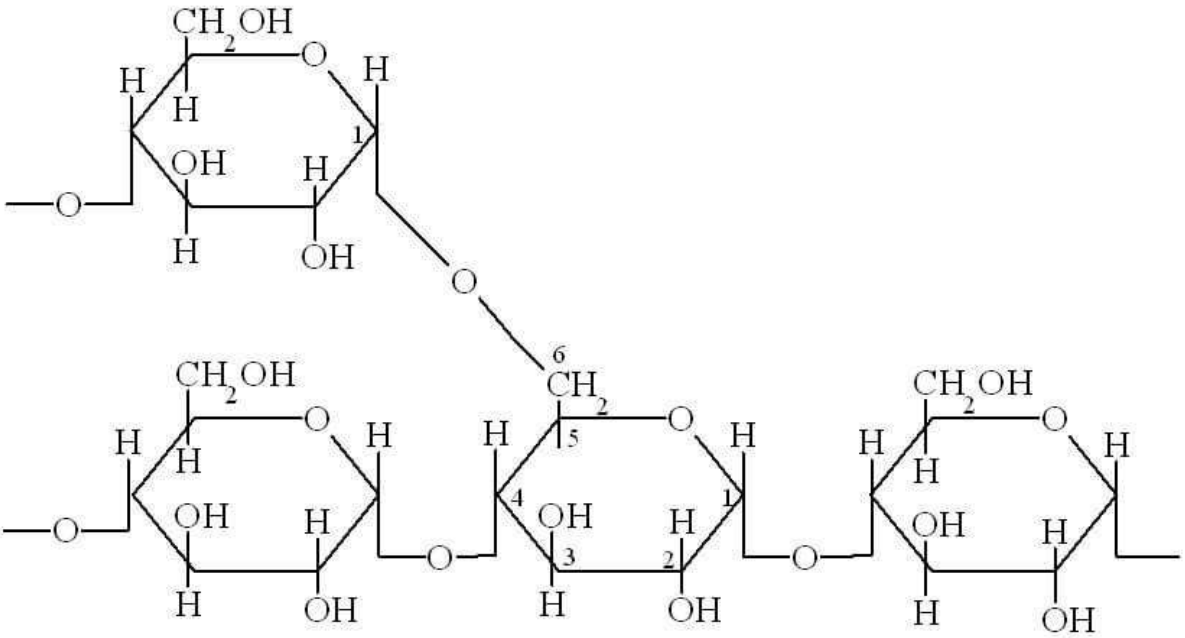
Какой углевод не сможет расщепить альфа-амилаза, выделенная из алейронового слоя злака, ни на одном участке молекулы субстрата?

[2] https://drive.google.com/file/d/13yuHUZbOD1xxXkUJuQSAftJiRZTIz-Pm/view?usp=drive_link
https://вторaяиндустриализация.рф/wp-content/uploads/2019/11/1215449345_amilopektin.jpg
https://dic.academic.ru/pictures/wiki/files/65/Amylose2.svg
https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/009/001/231860417.jpg
https://acetyl.ru/s/a1/ez6905.png

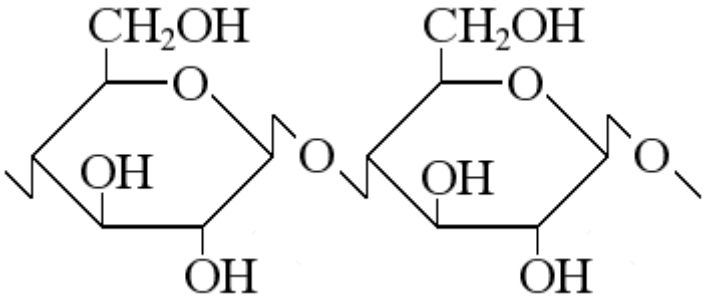





300–600



Ответ:



Задание 1.6.

На рисунке[3] представлена реконструкция лепидодендрона (*Lepidodendron*) – древнего древовидного растения, широко распространённого в каменноугольном периоде. Его высота могла достигать нескольких десятков метров.

Какие признаки можно ожидать у растений, относящихся к тому же отделу, что и лепидодендрон?

- <u>наличие микрофиллов</u>
- образование семян и пыльцы
- наличие цветка и плода
- отсутствие проводящих тканей и преобладание гаметофита

[3] lepidodendron-fossil-plant.jpg

Задание 1.7.

Широко распространённый в подлеске умеренного пояса Северного полушария Евразии бересклет европейский имеет яркие, привлекающие внимание плоды. Семена у бересклета имеют ярко окрашенный присемянник.

Рассмотрите фотографии[4] цветка и плодов. Какое происхождение имеют яркие розовые оттопыренные части плода?

Цветок бересклета европейского

Плоды бересклета европейского

- части околоцветника
- тычинки
- цветоложе
- <u>стенки завязи</u>

[4] https://www.theenglishgarden.co.uk/_gatsby/file/259faec080db41e553d8612a548e7594/37934_shutterstock_2379318143.jpg
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a1/Euonymus_europaeus_1a.JPG?utm_source=is.wikipedia.org&utm_campaign=index&utm_content=original

Задание 1.8.

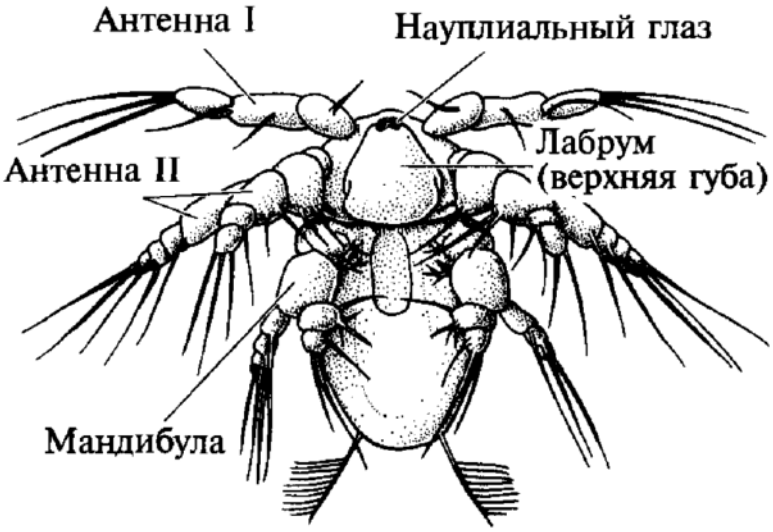
Всем известно, что у коров четырёхкамерный желудок, что связано с особенностями их пищи. У кого из изображенных на фотографиях[5] животных НЕТ четырёхкамерного желудка?

Ответ:

5 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/93/Nyala_%28Tragelaphus_angasii%29_female.jpg?utm_source=ru.wikipedia.org&utm_campaign=index&utm_content=original
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c9/Saanen_goat_standing.jpg?utm_source=ru.wikipedia.org&utm_campaign=index&utm_content=original
https://static.tildacdn.com/tild6361-3961-4639-b330-303166353866/-2-800.jpg
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/28/Bull_Moose.jpg?utm_source=ru.wikipedia.org&utm_campaign=index&utm_content=original

Задание 1.9.

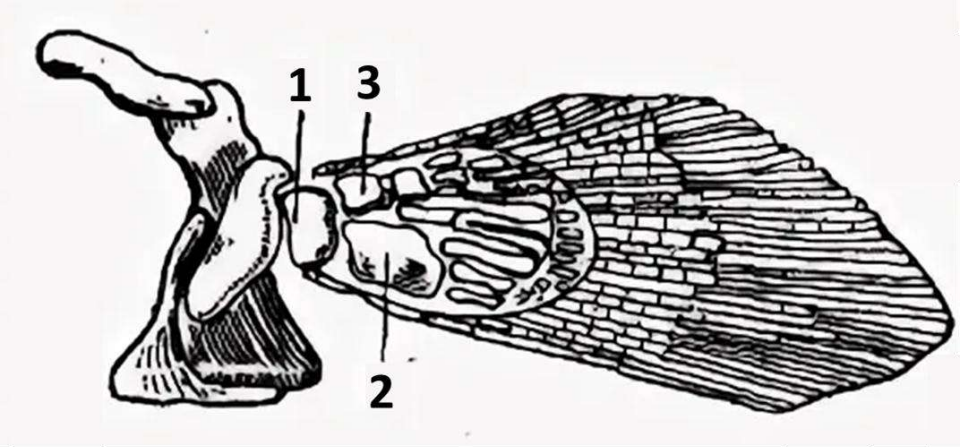
К какому типу животных принадлежит организм, схема строения личинки которого изображена на картинке[6]?



- Плоские черви
- Кольчатые черви
- Членистоногие
- Хордовые

Задание 1.10.

Известно, что наземные позвоночные произошли от кистепёрых рыб, строение скелета передних плавников которых приведено ниже. Исходя из схемы[7], предположите, какая кость пояса и свободных передних конечностей тетрапод соответствует кости под номером 1 на схеме.



- плечевая кость
- лопатка
- локтевая кость
- лучевая кость

[6] https://drive.google.com/file/d/1J_KasVRV0flhLTVsHCUh1VXS1uCkuLdF/view?usp=sharing
[7] https://multiurok.ru/files/konspekt-uroka-po-teme-klass-zemnovodnye.html?login=ok

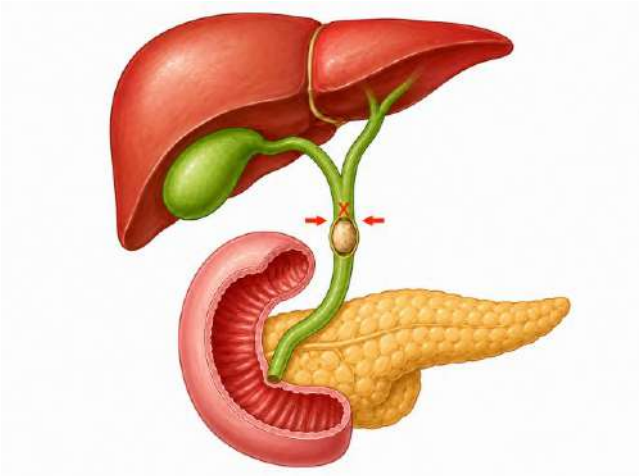
Задание 1.11.

На рисунке[8] показан момент принятия нагрузки в начале опорной фазы шага. Какое описание наиболее точно характеризует этот этап ходьбы?

- Коленный сустав ноги, ступающей на опору, начинает сгибаться, обеспечивая амортизацию.
- Масса тела переносится на переднюю часть стопы ноги, принимающей нагрузку.
- Коленный сустав ноги, принимающей массу тела, остаётся во время переноса на неё полностью разогнутым.
- Тазобедренный сустав продолжает сгибаться по мере переноса массы тела на опорную конечность.

Задание 1.12.

На рисунке[9] представлено патологическое изменение, нарушающее работу желчевыводящей системы. Какое нарушение пищеварения наиболее вероятно возникнет при данном состоянии?

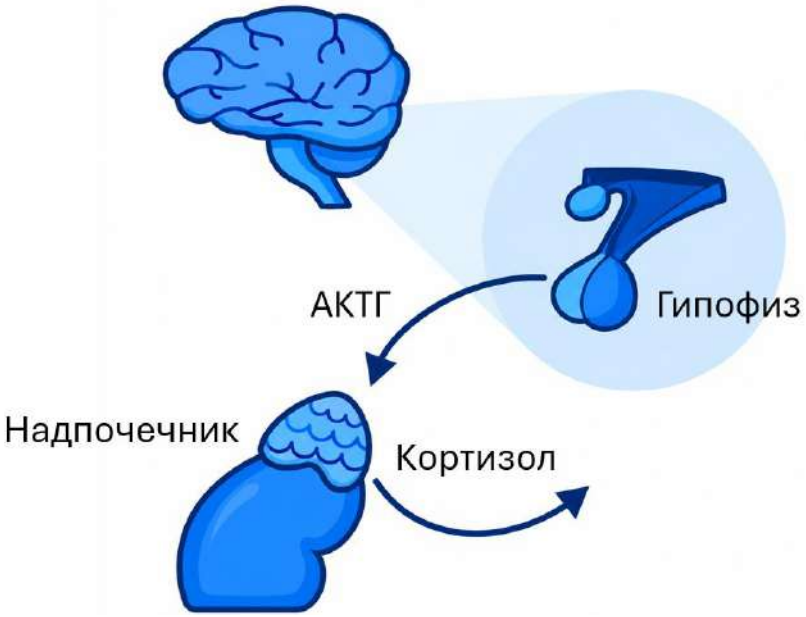


- ухудшение эмульгирования жиров
- прекращение переваривания белков
- прекращение секреции пепсина
- прекращение всасывания глюкозы

[8] https://drive.google.com/drive/folders/1zLhkAdbGVdIBVXcItN7_x6HInpS5XFPW?hl=ru
[9] https://drive.google.com/drive/folders/1zLhkAdbGVdIBVXcItN7_x6HInpS5XFPW?hl=ru

Задание 1.13.

Работой коры надпочечников управляет гипофиз[10]: он выделяет гормон АКТГ, который заставляет её вырабатывать глюкокортикоиды, например кортизол. Постоянный уровень этих гормонов поддерживается за счёт отрицательной обратной связи: чем больше гормонов коры надпочечников в крови, тем слабее гипофиз её стимулирует. При некоторых заболеваниях эти гормоны в течение месяцев вводят больному в виде лекарства. Заканчивают такое лечение всегда постепенно: дозу снижают в течение недель, шаг за шагом, и никогда не прекращают приём резко за один раз. Выберите утверждение, которое верно объясняет, чем опасен резкий отказ от препарата.



- Препарат накапливается в тканях, и после отмены он быстро выходит в кровь, вызывая отравление.
- <u>За месяцы лечения собственная кора надпочечников почти перестала работать, и сразу после отмены препарата организм не сможет вырабатывать собственные гормоны</u>.
- Клетки-мишени за время лечения лишаются рецепторов к этим гормонам, и сигнал от собственных надпочечников до них не доходит.
- После резкой отмены гипофиз выделяет стимулирующий гормон в избытке, и надпочечники истощаются.

[10] https://drive.google.com/file/d/1fD9eeOSrZErXFKnBKtI_bCiKA1IaXxE4/view?usp=drive_link

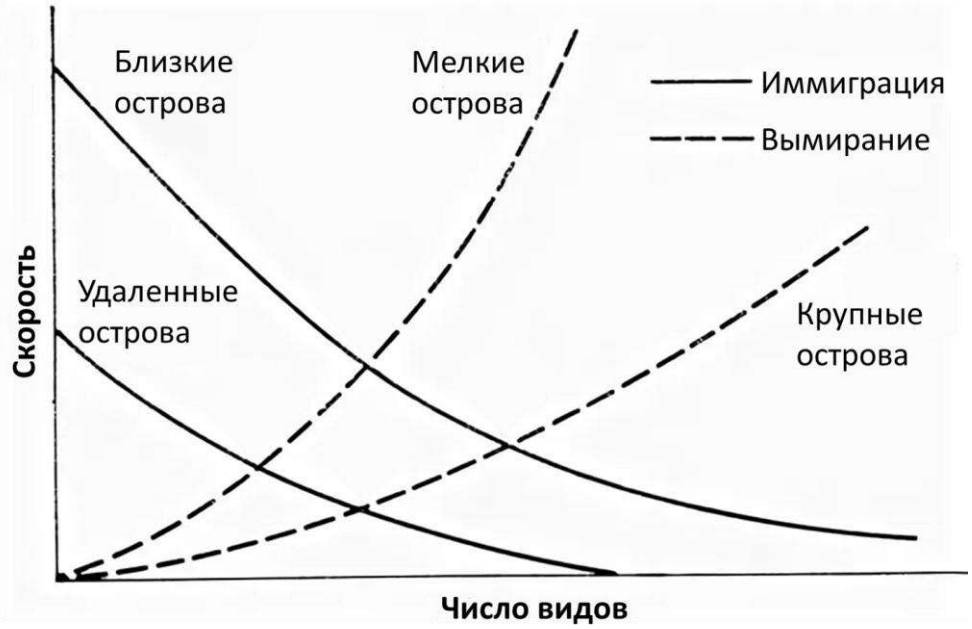
Задание 1.14.

Выберите правильную последовательность экосистем, расположенных в порядке **увеличения** их чистой первичной продукции биомассы на единицу времени и единицу площади.

- субтропическая песчаная пустыня – тундра – тропический дождевой лес – саванна
- тропический дождевой лес – саванна – тундра – субтропическая песчаная пустыня
- субтропическая песчаная пустыня – тундра – саванна – тропический дождевой лес
- саванна – тундра – субтропическая песчаная пустыня – тропический дождевой лес

Задание 1.15.

Островная теория описывает равновесное количество видов, способных существовать на острове в зависимости от его размеров и удалённости. Приведённый ниже график[11] демонстрирует скорость процессов заселения островов новыми видами и их вымирания в разных условиях. Рассмотрите графики и выберите верное утверждение.



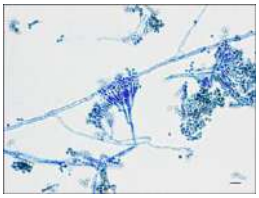
[11] http://ecologylib.ru/books/item/f00/s00/z0000041/st059.shtml

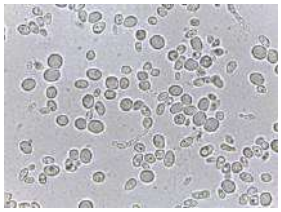
- Равновесное число видов будет наименьшим на маленьком острове, удалённом от большой земли.
- На крупном острове, расположенном вблизи от материка, повышение числа видов не будет ускорять их вымирание.
- Скорость заселения крупных островов остаётся постоянной с увеличением числа видов.
- Крупные удалённые острова достигают равновесного числа видов быстрее всего.

Задание 1.16.
Какой клеточный процесс, происходящий в органах и тканях, приводит к увеличению числа клеток?

- дифференциация клеток
- апоптоз клеток
- митоз клеток
- некроз клеток

Задание 1.17
Выберите фотографию[12], на которой показана спорообразующая бактерия.





Ответ:

[12] https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTN42J-YPHdrpY2ftzWSpy3byNdJkfYnluDO7wNVKDWg_kGGRQ7S71u-SQ&s=10
https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ7Tr_sPfvIF_o34TLWfo4bazBwvUqkjaUuMaaaGSBOECQLcWMEv7A7B9TL&s=10
https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQun0RlHwN3n4bmSZKVRqBMPDXNylNq4CBN8LU_Pr6zow&s=10
https://media.istockphoto.com/id/2184890657/photo/microscopic-view-of-yeast-cells.jpg?s=612x612&w=0&k=20&c=XKH8hD3FUnI6BQR9GtxB6iOi6xihf7Io5o-LBH_eaSE=

Задание 1.18.

Исследователи изучали белок, кодируемый ядерным геном и функционирующий в митохондриях. При удалении короткого участка с N-конца белка он продолжал нормально синтезироваться, однако вместо митохондрий обнаруживался преимущественно в цитоплазме. Какую функцию наиболее вероятно выполнял удалённый участок?

- Препятствовал выходу белка из митохондрии обратно в цитоплазму.
- Обеспечивал связывание белка с рибосомой и запуск его трансляции.
- Служил сигналом, распознаваемым системой импорта белков в митохондрию.
- Защищал синтезированный белок от расщепления протеазами цитоплазмы.

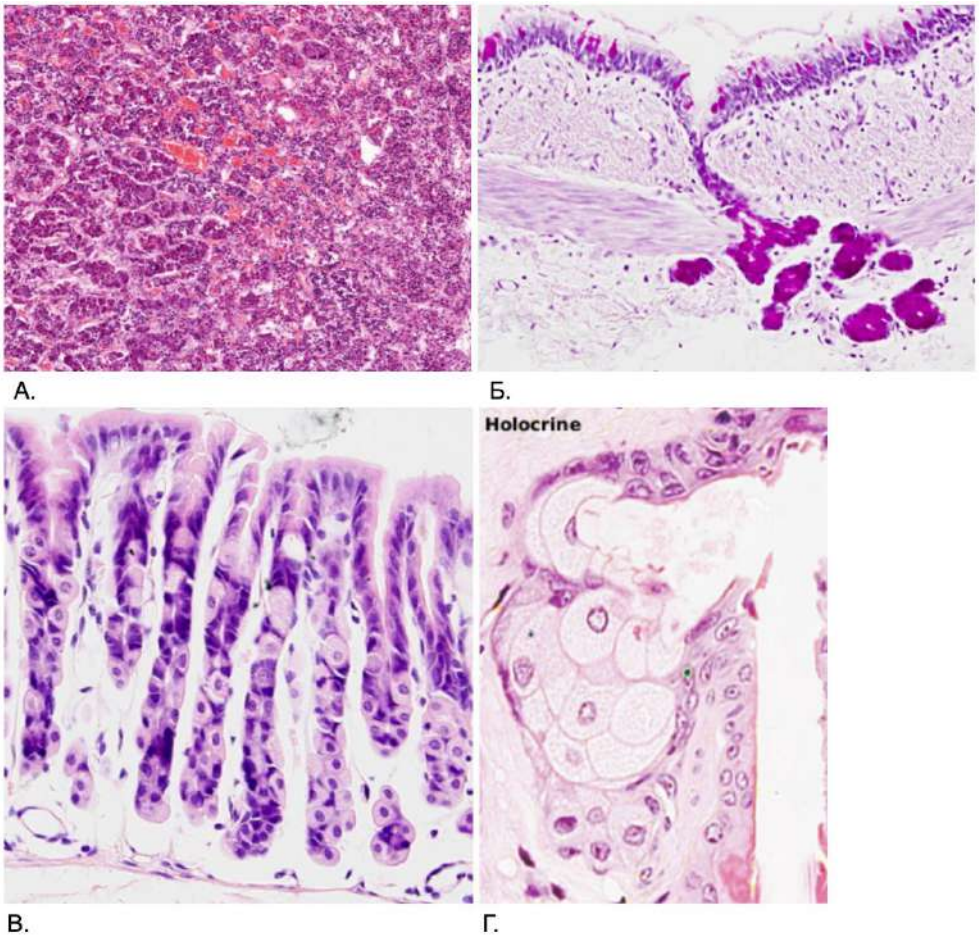
Задание 1.19.

Какой процесс возможен у белых кровяных телец (лейкоцитов) в отличие от эритроцитов?

- миграция через стенки сосуда
- созревание в костном мозге
- получение энергии в результате гликолиза
- смерть и утилизация в селезёнке

Задание 1.20.

На рисунках[13] представлены гистологические препараты четырёх желёз. Учитывая особенности их строения, определите, какая из них является эндокринной.



<u>А</u> Б В Г

[13] https://histologyguide.com/galleryview/13-endocrine-glands.html?x=22493&y=21563&z=12.976
https://mmegias.webs.uvigo.es/02-english/a-imagenes-grandes/epitelio_glandula_exocrina.php
https://mmegias.webs.uvigo.es/02-english/guiada_a_glandular.php
https://drive.google.com/drive/folders/1zLhkAdbGVdIBVXcItN7_x6HInpS5XFPW?hl=ru

Задание 1.21

Первые этапы приготовления творога[14] включают нагревание молока до 80–85 °С и добавление к нему лимонной кислоты, что приводит к разделению его на крупные белые хлопья творога и прозрачную зеленовато-жёлтую сыворотку. Какой биохимический процесс лежит в основе этой технологии?

- выпадение в осадок нерастворимых минеральных солей кальция
- гидролиз полисахаридов молока
- омыление липидов, приводящее к их выделению из раствора
- <u>денатурация белков молока, например, казеина, и кислотная коагуляция белков</u>

Задание 1.22.

Ферментативные методы анализа часто применяют в клинической диагностике для определения содержания субстратов в биологических образцах. Например, для определения содержания глюкозы в плазме крови иногда применяют фермент гексокиназу и сопряжённый с ним фермент НАД$^+$-зависимую глюкозо-6-фосфатдегидрогеназу по схеме ниже:

Гексокиназная реакция:

D-глюкоза + АТФ → D-глюкозо-6-фосфат + АДФ

Глюкозо-6-фосфатдегидрогеназная реакция:

D-глюкозо-6-фосфат + НАД$^+$→ D-глюконо-1,5-лактон-6-фосфат + НАДН

Возрастание количества какого компонента этой системы будет пропорционально количеству глюкозы в плазме крови?

- <u>НАДН</u>
- АТФ
- D-глюкозо-6-фосфат
- НАД $^+$

[14] https://eco-recept.ru/wp-content/uploads/wsi-imageoptim-3094042-700x525.jpg

Задание 1.23.

В ходе эксперимента исследователи встроили в геном *E.coli* ген рекомбинантной аминоацил-тРНК-синтетазы (фермента, присоединяющего аминокислоту к тРНК). Кодируемый этим геном белок содержит домен, распознающий лейциновую тРНК, и домен, связывающий аргинин. Какие изменения в процессе синтеза белка стоит ожидать в результате встраивания такого гена в геном *E.coli?*

- все лейцины в белках *E.coli* будут заменены на аргинин
- часть лейцинов в белках *E.coli* будет заменена на аргинин
- все аргинины в белках *E.coli* будут заменены на лейцин
- часть аргининов в белках *E.coli* будет заменена на лейцин

Задание 1.24.

Работа каких из перечисленных ниже молекул и структур призвана стимулировать транскрипцию?

- энхансер и репрессор
- индуктор и сайленсер
- сайленсер и энхансер
- энхансер и индуктор

Задание 1.25.

Выберите вариант, в котором мутации расположены в порядке возрастания «масштаба» их воздействия на геном (от изменений на уровне одного нуклеотида до глобальных перестроек хромосомного набора).

- замена нуклеотида – анеуплоидия – делеция
- выпадение нуклеотида – трисомия – дупликация
- вставка нуклеотида – инверсия – моносомия
- инверсия – полиплоидия –делеция

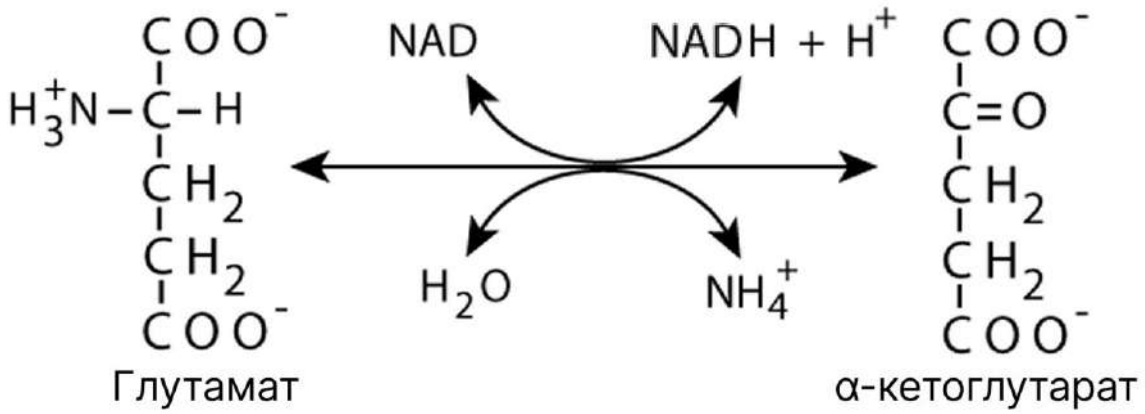
Задание 1.26.

Почему при квашении капуста приобретает характерный кислый вкус и способность долго храниться?

- дрожжи превращают сахар в этанол, который консервирует капусту
- при брожении выделяется кислород, подавляющий развитие анаэробных микроорганизмов
- бактерии в процессе развития полностью удаляют воду из капусты, что способствует её консервации
- молочнокислые бактерии образуют молочную кислоту, снижая pH продукта

Задание 1.27.

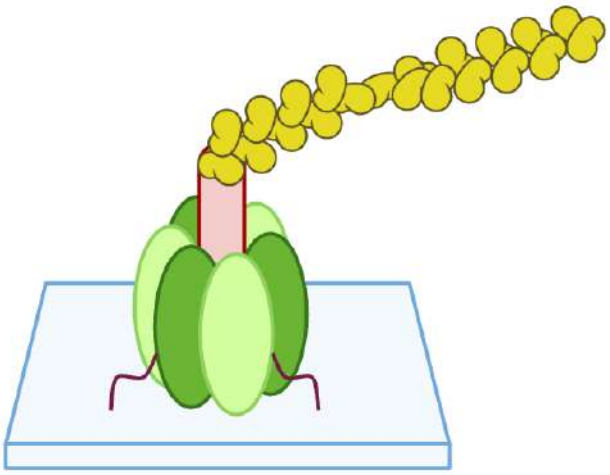
На картинке[15] перед вами изображена реакция, катализируемая ферментом глутаматдегидрогеназой. Выберите верное утверждение про эту важную реакцию, связывающую метаболизм аминокислот и цикл Кребса.



- При увеличении концентрации NADH равновесие смещается в сторону реакции образования α-кеторглутарата.
- Реакция фактически необратима, так как аммиак быстро выводится из реакционной смеси.
- Атом кислорода, появившийся у второго атома углерода α-кеторглутарата, соответствует атому кислорода в молекуле воды.
- В ходе реакции углеродный скелет молекулы укорачивается на один атом.

Задание 1.28.

На рисунке[16] ниже представлена схема эксперимента М. Йошида по изучению механизма работы АТФазы термофильной бактерии. Для этого эксперимента её F1-субъединицу (шапочку) прикрепляли к подложке. С другой стороны, на γ-субъединицу (стержень) прикрепляли флуоресцентно-меченый актиновый филамент.



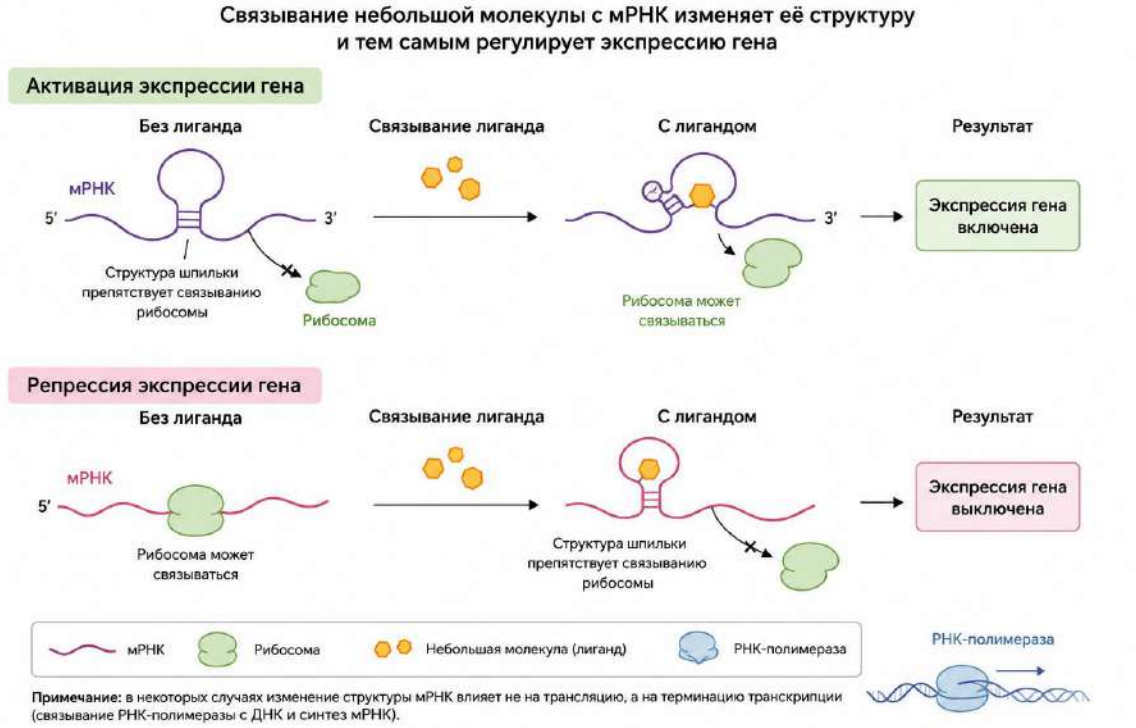
Что заметили учёные при проведении этого эксперимента?

[15] Frame 57.png
[16] https://drive.google.com/file/d/1ke1q02qWSFaTr2CvLU7RiG4IVLCSC8YS/view?usp=drive_link

- При добавлении АТФ АТФаза начинала гидролизовать молекулы актинового филамента, укорачивая его.
- При добавлении АТФ F1-субъединица начинала вращаться вместе с актиновым филаментом.
- При добавлении АТФ начинала вращаться γ-субъединица с филаментом, но не F1-субъединица АТФазы.
- Добавление ингибиторов АТФазной активности ускоряло вращение актинового филамента в присутствии АТФ.

Задание 1.29.

На рисунке[17] представлен один из механизмов регуляции экспрессии генов. Небольшая молекула-лиганд связывается непосредственно с регуляторным участком мРНК, после чего изменяется её вторичная структура. Какой вывод наиболее точно описывает механизм, представленный на рисунке?

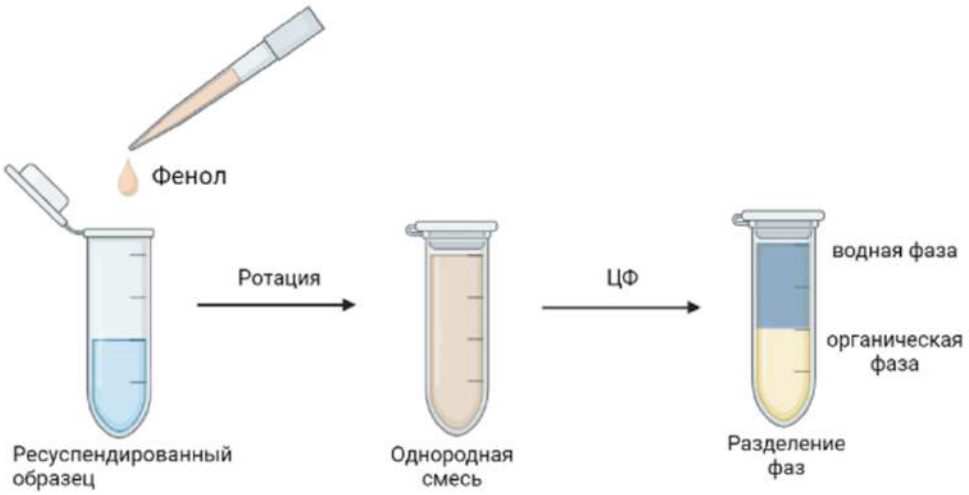


- Лиганд изменяет последовательность нуклеотидов мРНК, создавая новый регуляторный участок.
- Для распознавания концентрации лиганда клетке обязательно требуется отдельный белок-рецептор.
- Связывание лиганда может изменять доступность участков мРНК для компонентов аппарата транскрипции или трансляции.
- Лиганд связывается с рибосомой и изменяет последовательность аминокислот синтезируемого белка.

[17] https://drive.google.com/file/d/13PEvK1Zy7bxtj87XzbOypl2LBejkta3_/view?usp=sharing

Задание 1.30.

На рисунке[18] показана одна из стадий стандартного протокола выделения ДНК из клеток. Клетки разрушают, получая водный раствор, в котором вместе оказываются ДНК, РНК, белки и липиды. К этому раствору добавляют нейтральный по реакции среды органический растворитель, не смешивающийся с водой, и энергично встряхивают. После отстаивания смесь разделяется на две фазы, а молекулы распределяются между ними. Где в основном окажется ДНК?



- <u>в водной фазе</u>
- в органической фазе
- на разделе двух фаз (в «промежуточной» фазе)
- равномерно распределится по всему объёму пробирки

[18] Screenshot 2026-08-30 at 04.50.12.png

Часть 2

Вам предлагаются тестовые задания с множественными вариантами ответа (от 1 до 5). Ваше решение относительно каждого (выбор, верен данный вариант ответа или нет) оценивается в 2 балла. За ошибочное решение вычитается 2 балла. Минимальное количество баллов за каждое задание – 0. Максимальный балл – 10.

Задание 2.1.

Выберите все расщепления, которые можно получить в первом поколении от скрещивания красного высокого растения томата с красным низкорослым, если известно, что эти признаки наследуются аутосомно и моногенно (гены находятся в разных хромосомах). Аллели, определяющие красную окраску и высокий рост, полностью доминируют над аллелями, определяющими жёлтую окраску и низкорослость. Аллели генов являются нелетальными.

- <u>все потомки красные высокие</u>
- ⅔ красные высокие : ⅓ жёлтые высокие
- ½ красные высокие : ½ жёлтые высокие
- <u>½ красные высокие : ½ красные низкорослые</u>
- ⅓ красные высокие : ⅓ красные низкорослые : ⅙ жёлтые высокие : ⅙ жёлтые низкорослые

Задание 2.2.

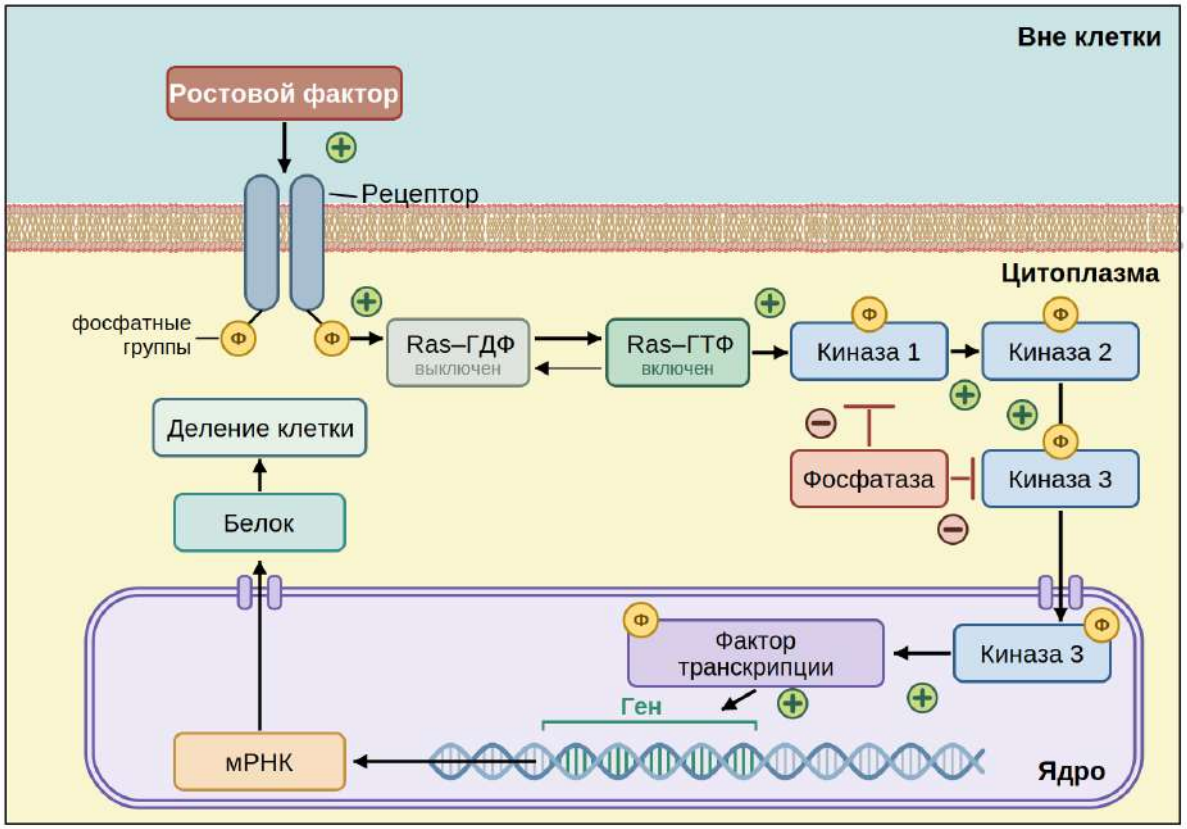
Ауксин иногда образно называют «гормоном благополучия апекса побега». Он синтезируется преимущественно в молодых растущих тканях верхушки побега и полярно транспортируется от неё к основанию растения. Таким образом, высокая концентрация ауксина служит одним из сигналов наличия активно растущего апекса.

Выберите процессы, которым способствует действие ауксина.

- Подавление развития боковых почек и поддержание апикального доминирования главного побега.
- Стимуляция образования боковых и придаточных корней, способствующая развитию корневой системы.
- Участие в дифференцировке проводящих тканей, в частности в формировании элементов ксилемы.
- Стимуляция роста боковых почек при сохранении активно растущей верхушки побега.
- Ингибирование роста и ветвления корневой системы независимо от концентрации ауксина.

Задание 2.3.

На схеме[19] показан внутриклеточный каскад реакций, происходящий при действии ростового фактора на клетку. Рассмотрите её и выберите верное(-ые) утверждение(-ия).



- Система киназ и белок Ras активируются с помощью посттрансляционной модификации (фосфорилирования).
- Если фосфатаза перестанет работать, деление клетки прекратится.
- Если Ras потеряет способность расщеплять ГТФ, клетка будет делиться и без ростового фактора.
- Киназа 3 должна обладать способностью попадать в ядро.
- Если заблокировать киназу 3, ген перестанет включаться даже при избытке ростового фактора.

[19] https://drive.google.com/file/d/11-zrbDxDUiVQeBvXYAgQa0fb-o-WPZy6/view?usp=sharing

Задание 2.4.

Выберите верное(-ые) утверждение(-ия) о стафилококке[20], образующем золотистые колонии на данной чашке Петри. При окрашивании по методу Грама клетки приобретают фиолетовый цвет.

- это – грамположительный микроорганизм
- это – условный патоген, который может вызывать внутрибольничные инфекции
- основная морфология – палочки
- этот микроорганизм может поражать разные органы и вызывать системные инфекции
- некоторые штаммы обладают резистентностью к нескольким антибиотикам одновременно

Задание 2.5.

При повреждении одной из структур зрительной системы человек перестал видеть, однако реакция зрачков на яркий свет осталась. Какие из приведённых утверждений могут соответствовать описанной ситуации?

- такое сочетание симптомов невозможно, при утрате зрения произойдёт исчезновение реакции зрачков на свет
- такое сочетание нарушений возможно только при повреждении структур, расположенных внутри глазного яблока
- структуры, обеспечивающие зрительное восприятие и реакцию зрачка на свет, могут повреждаться избирательно независимо друг от друга
- сохранение реакции зрачка на свет не означает сохранности зрительного восприятия
- наличие реакции зрачков на свет означает, что информация обязательно достигает зрительной коры

[20] https://disk.yandex.ru/i/j9WoFoh1I8fRNQ

Задание 2.6.

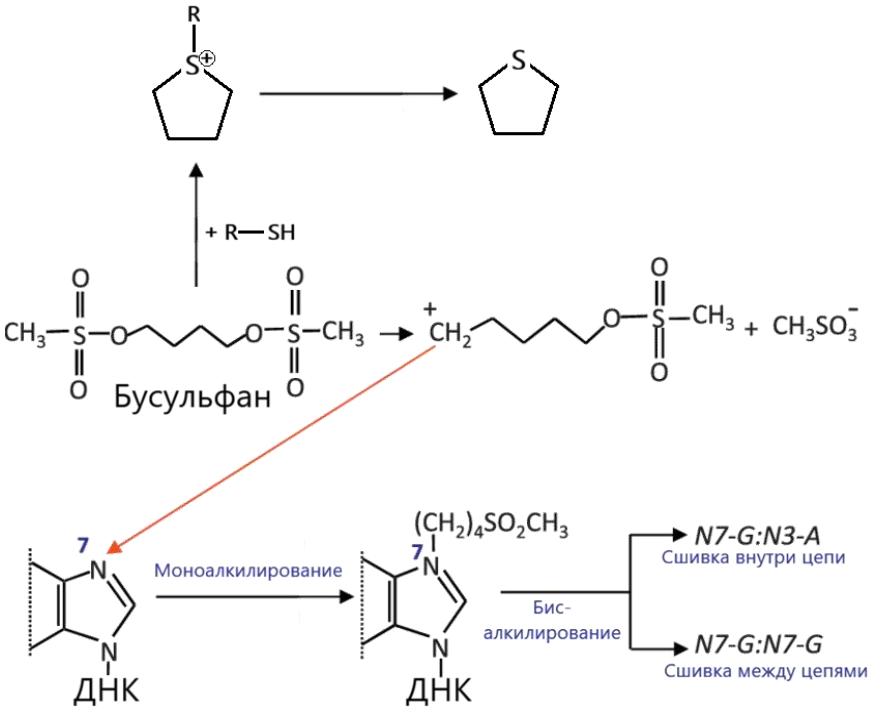
Существует огромное множество соединений, способных влиять на разнообразные клеточные процессы и структуры. Одним из таких веществ является бусульфан – соединение с довольно простой химической структурой, нашедшее своё применение в медицине.

Бусульфан – лекарственное вещество, которое может присоединять свои фрагменты к молекулам ДНК. Такое присоединение называют алкилированием. На схеме показано, что бусульфан может образовывать связи с азотистыми основаниями ДНК, в том числе «сшивать» две цепи ДНК между собой. Повреждённая таким образом ДНК плохо копируется, поэтому клетка может погибнуть или перестать делиться.

В клетках есть вещество глутатион (обозначено R–SH). Оно способно связывать многие чужеродные и токсичные вещества. После связывания с глутатионом такие вещества обычно становятся менее опасными и легче выводятся из клетки – это один из путей детоксикации.

Кроветворные стволовые клетки находятся в красном костном мозге и дают начало клеткам крови. Перед пересадкой донорских или генетически изменённых стволовых клеток собственные клетки костного мозга пациента иногда специально уничтожают лекарствами. Это называют кондиционированием. Для выделения клеток из крови или костного мозга используют специальные процедуры, а не препараты, повреждающие ДНК.

На схеме ниже представлены основные превращения, которым бусульфан может подвергаться в клетках.



Внимательно изучите схему[21] и выберите верные суждения.

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

- В клетках может происходить детоксикация бусульфана.
- Бусульфан может взаимодействовать с глутатионом, в результате переходя в более активную форму.
- Бусульфан эффективен лишь в отношении активно делящихся в момент его применения клеток.
- Бусульфан может применяться с целью извлечения части гемопоэтических клеток красного костного мозга для их дальнейшей геннотерапевтической модификации.
- Бусульфан может применяться с целью уничтожения существующих гемопоэтических клеток человека (кондиционирования) перед трансплантацией костного мозга.

Задание 2.7.

Исследователи изучали белок X, способный связываться с РНК. Они предположили, что белок X влияет на синтез белка Y. В экспериментальных клетках увеличивали количество белка X, после чего определяли количество мРНК гена Y, количество белка Y и количество мРНК Y, ассоциированной с рибосомами.

Для каждого измеряемого показателя значение в контрольной группе было принято за 100 %. Таким образом, приведённые значения отражают изменение показателя относительно контроля и не являются абсолютной долей молекул в клетке.

Показатель	**Контроль**	**+ белок X**
Количество мРНК гена Y	100 %	96 %
Количество белка Y	100 %	21 %
Количество мРНК Y, ассоциированной с рибосомами	100 %	24 %

Выберите верные утверждения.

- Белок X существенно снижает количество мРНК гена Y в клетке.
- Полученные результаты согласуются с тем, что белок X подавляет трансляцию мРНК гена Y.
- Снижение количества белка Y можно объяснить преимущественно уменьшением общего количества его мРНК.
- Белок X может препятствовать связыванию рибосом с мРНК гена Y.
- Представленные результаты сами по себе не позволяют утверждать, что белок X изменяет последовательность ДНК гена Y.

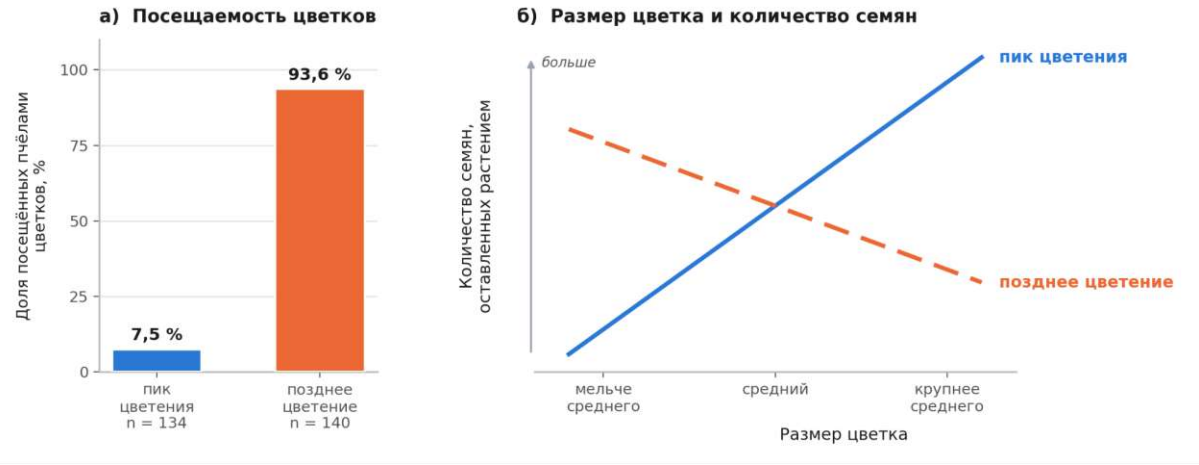
Задание 2.8.

Цветы кустарника *Stigmaphyllon paralias,* произрастающего на северо-востоке Бразилии, лишены нектара. Вместо него для привлечения пчёл-опылителей растение использует масло, выделяемое специальными желёзками цветка. Учёные изучали паттерны цветения и опыления этого вида растения. Оказалось, что кустарники этого вида зацветают не одновременно, а в два отдельных промежутка времени:

- пик цветения – цветущих растений много, пчёл относительно мало;
- позднее цветение, через три-четыре недели после пика – цветущих растений мало, пчёл относительно много

В недавнем исследовании были изучены различия растений, цветущих в разные периоды. Результаты частично представлены на картинке[22] ниже. На графике изображена зависимость посещаемости цветов пчёлами от периода цветения (a). График (b) иллюстрирует зависимость количества образовавшихся семян от размера цветка в разные периоды цветения.

На основании приведённых данных выберите верное(-ые) утверждение(-ия).



- <u>В пик цветения подавляющее большинство цветков вообще не посещалось пчелами, тогда как в период позднего цветения посещались почти все.</u>
- Из приведённых данных следует, что поздно зацветающие растения в среднем оставляют больше семян, чем зацветающие в пик сезона.
- <u>Если бы цветки не разделяли по периодам цветения, то обнаружить связь между размером цветка и количеством семян было бы сложнее.</u>
- Крупные цветки привлекают пчёл лучше мелких при любой численности опылителей.
- В течение одного сезона направление отбора по размеру цветка сменилось на противоположное, что обусловлено направленным появлением мутаций у растений.

[22] flower_graph.png

Задание 2.9.

На схеме[23] изображена последовательность процессов, происходящих с генетическим материалом некоторого вируса с момента попадания в клетку хозяина. Цифрами отмечены молекулы нуклеиновых кислот, буквами X и Y некоторые молекулярно-биологические процессы. Изучите схему и выберите верное(-ые) утверждение(-ия).

- Цифрами 1 и 2 обозначены двухцепочечные молекулы нуклеиновых кислот
- <u>Генетический материал данного вируса представлен +РНК</u>
- Буквой Y обозначен процесс репликации РНК
- Буквой X обозначен процесс транскрипции
- Цифрой 2 обозначена двухцепочечная ДНК

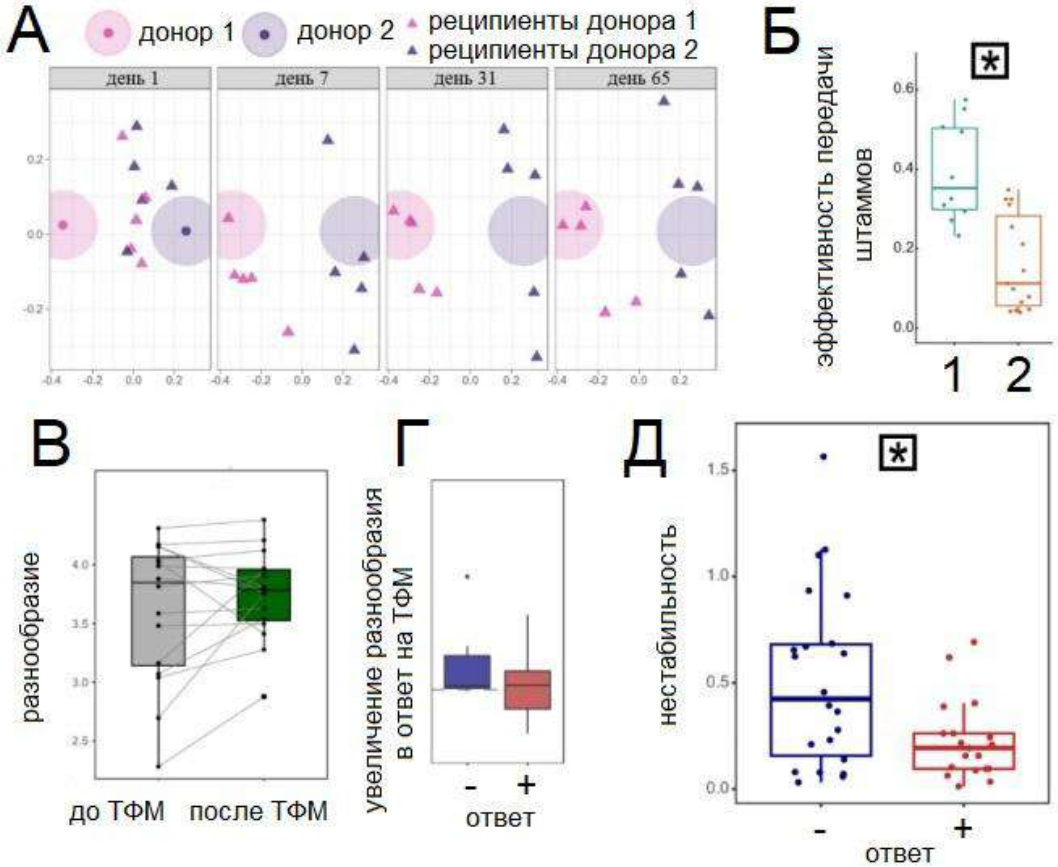
Задание 2.10.

Трансплантация фекальной микробиоты (ТФМ)[24] – процедура пересадки кишечных бактерий от здорового донора больному реципиенту. Известно, что в некоторых случаях ТФМ способна улучшать результаты противоопухолевой терапии, однако механизмы этого явления пока не ясны. В 2023 году группа учёных, используя генетические и микробиологические подходы, изучила влияние ТФМ на пациентов, лечащихся от меланомы. Некоторые из пациентов при этом демонстрировали ответ (уменьшение или исчезновение очагов опухоли). Сама ТФМ могла осуществляться двумя способами – колоноскопически (более надёжный метод) и перорально.

Сначала учёные оценили сходство микробиоты доноров и реципиентов через различные временные промежутки после ТФМ; результат их оценки отражён на рисунке А (шкалы осей являются безразмерными; чем ближе две точки на диаграмме, тем больше сходство). Затем исследователи проанализировали, как способ проведения ТФМ влияет на эффективность передачи штаммов микроорганизмов; их результат приведён на рисунке Б (вид представления данных – «ящик с усами»; половина всех значений сосредоточена внутри границ «ящика»), звёздочкой показано наличие статистически достоверной разницы между группами (отсутствие звёздочки говорит о том, что статистически обоснованный вывод о различиях сделать нельзя). На рисунках В и Г отражено разнообразие микробиоты пациентов до и после ТФМ и её изменение у пациентов с ответом и без него соответственно. Кроме того, учёные оценили

[23] https://drive.google.com/file/d/1u-mWhlDAMfmNjMBPHjXT2WXv4VS7hUNJ/view?usp=sharing
[24] https://drive.google.com/file/d/1DDh9hxAnL7WALVu9c_Zyi9jVmXZFEk4w/view?usp=drive_link

быстроту изменения (нестабильность) микробиоты пациентов. Результат показан на рисунке Д. Выберите верные утверждения.



- <u>У пациентов с ответом на ТФМ микробиота со временем становилась более похожей на донорскую.</u>
- <u>Цифрой 1 обозначен колоноскопический, а цифрой 2 – пероральный метод проведения ТФМ.</u>
- Разнообразие микробиоты пациентов, продемонстрировавших ответ, увеличивается после ТФМ, тогда как у пациентов, не продемонстрировавших ответ, оно снижается. За счёт этого в среднем разнообразие микробиоты в ответ на ТФМ не изменяется.
- <u>Микробиота пациентов, ответивших на терапию, была более стабильна, чем микробиота не ответивших пациентов.</u>
- <u>Полученные данные согласуются со связью большей стабильности микробиоты с ответом на ТФМ.</u>

Часть 3

За каждое верное соотнесение начисляется 2 балла.

Задание 3.1.

Модель транспорта[25] сахарозы по флоэме включает в себя несколько процессов, происходящих в механизмах работы клеток.

Соотнесите каждый процесс либо с зоной загрузки флоэмы, либо с зоной её разгрузки.

Процесс	Зоны
А) В мембране клеток флоэмы работают вносящие транспортёры сахарозы.	1) Зона загрузки флоэмы
Б) Работа этой зоны поддерживается при достаточном снабжении водой из ксилемы.	2) Зона разгрузки флоэмы
В) При активной работе этой зоны флоэмы в соседних клетках включаются ферменты, расщепляющие крахмал.	
Г) Прорастающий в темноте клубень картофеля является этой зоной для растения.	
Д) Концентрация сахарозы в этой зоне выше, чем в другой зоне.	
Е) Активен фермент инвертаза, разрушающий сахарозу.	

Ответ:	А	Б	В	Г	Д	Е
	2	1	1	1	1	1

[25] https://drive.google.com/file/d/15nDWyEAoyH52ZJeXpQl9RJupC9HPFEEG/view?usp=drive_link

Задание 3.2.

В световой фазе фотосинтеза перенос электронов между компонентами тилакоидной мембраны сопряжён с образованием протонного градиента и синтезом АТФ и НАДФН.

Сопоставьте компоненты фотосинтетического аппарата (А–Д) с процессами (1–6), в которых они непосредственно участвуют. Один вариант является лишним.

А) Фотосистема II

Б) Пластохинон

В) Цитохромный комплекс b_6f

Г) Фотосистема I

Д) АТФ-синтаза

1) Использование энергии света для образования сильного восстановителя, электроны которого в дальнейшем могут быть переданы на НАДФ$^+$.

2) Перенос электронов и протонов от фотосистемы II к цитохромному комплексу b_6f.

3) Окисление воды с выделением молекулярного кислорода и поступлением электронов в электрон-транспортную цепь.

4) Использование энергии протонного градиента для фосфорилирования АДФ.

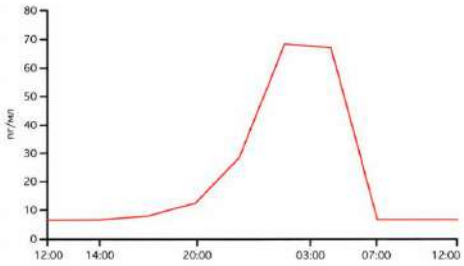
5) Перенос электронов, сопряжённый с увеличением концентрации протонов в просвете тилакоида.

6) Фиксация CO_2 с образованием органических соединений.

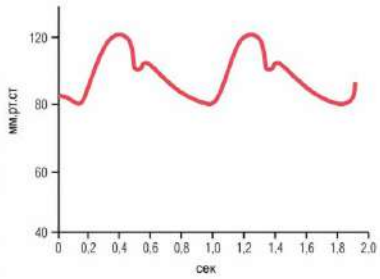
Ответ:	А	Б	В	Г	Д
	3	2	5	1	4

Задание 3.3.

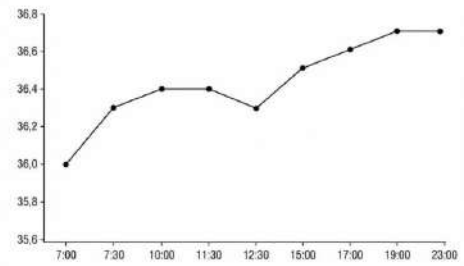
Перед вами пять графиков[26], отражающих изменение различных физиологических показателей во времени. Сопоставьте каждый график с процессом, динамику которого он наиболее вероятно отражает.



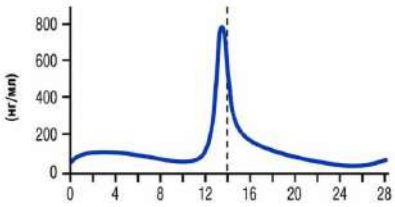
А.



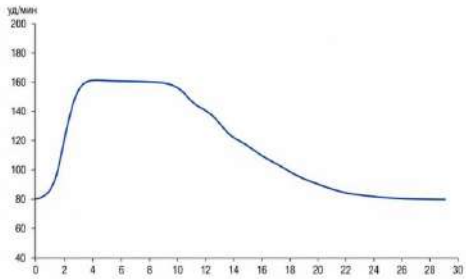
Б.



В.



Г.



Д.

1) Изменение концентрации мелатонина в крови в течение суток.

2) Изменение концентрации лютеинизирующего гормона в течение менструального цикла.

3) Изменение температуры тела человека в течение суток.

4) Изменение давления в аорте в течение нескольких сердечных циклов.

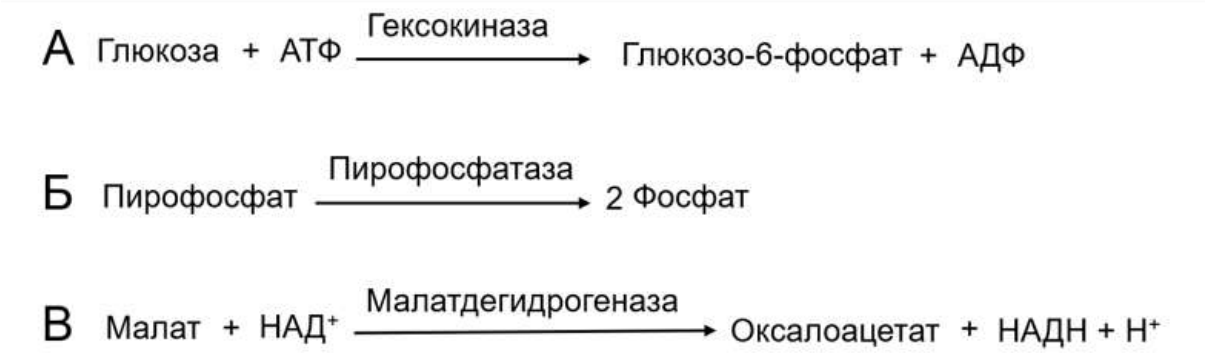
5) Изменение частоты сердечных сокращений во время физической нагрузки и последующего восстановления.

Ответ:	А	Б	В	Г	Д
	1	4	3	2	5

[26] https://drive.google.com/drive/folders/1zLhkAdbGVdIBVXcItN7_x6HInpS5XFPW?hl=ru

Задание 3.4. (по 1 баллу за каждое верное сопоставление)

Соотнесите схемы[27] биохимических реакций в животной клетке (А–В) с их описанием (1–3) и с процессами, частью которых они являются (I–III).



1. окислительно-восстановительная реакция
2. реакция с присоединением заряженной группы на нейтральную молекулу
3. реакция гидролиза

I. цикл Кребса
II. транскрипция
III. гликолиз

Ответ:	А	Б	В
	2	3	1
	III	II	I

[27] https://drive.google.com/file/d/1dABeltcPidnfOXL-yjS61yE4tcttOmTt/view?usp=sharing

Часть 4

За каждую верно решённую задачу начисляются 3 балла.

Задание 4.1.

Каталаза – один из самых эффективных ферментов. Один активный центр может катализировать разложение 10^7 молекул перекиси водорода в секунду. Сколько времени понадобится тысяче активных центров каталазы на полное разложение перекиси в 1 мл раствора перекиси водорода с концентрацией 0,05 микромоль/л? Число Авогадро примите равным $6{,}02 \times 10^{23}$ 1/моль. Ответ запишите в целых секундах.

Ответ: 3010.

Решение:

В 1 мл исследуемого раствора 0,05 наномоль перекиси водорода.

0,05 наномоль – это $0{,}05 \times 10^{-9}$ моль $\times$ $6{,}02 \times 10^{23}$ 1/моль = $0{,}301 \times 10^{14}$ молекул.

$1000 \times 10^7 = 10^{10}$ молекул разложит тысяча молекул каталазы за одну секунду.

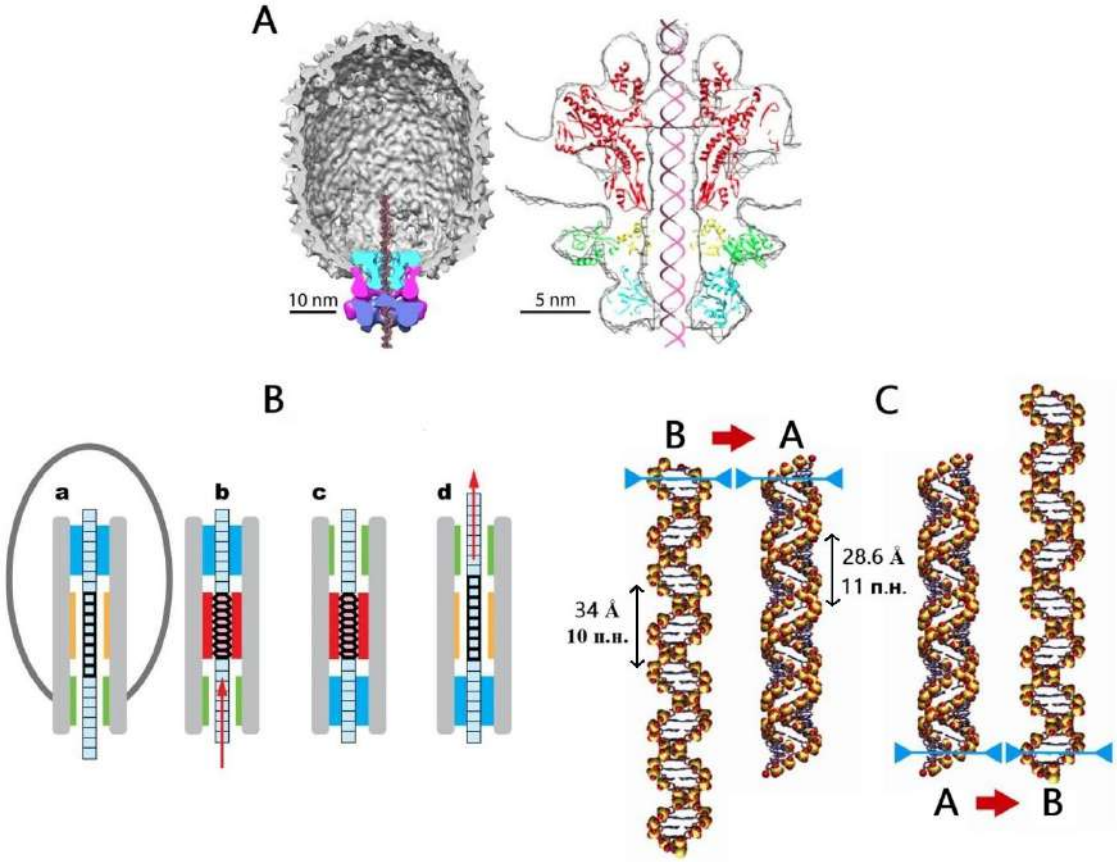
$0{,}301 \times 10^{14}$ молекул будет разложено тысячей молекул каталазы за $0{,}301 \times 10^{14}/10^{10} = 3010$ секунд.

Задание 4.2.

В жизненном цикле[28] вирусов из реалма *Duplodnaviria* происходит загрузка генома в предварительно сформированный капсид через структуру, называемую портальной порой (рисунок А). Белки, осуществляющие данный процесс, являются одними из самых мощных биологических двигателей. Одна из моделей, описывающих функционирование данных белков – гипотеза скручивающегося червя (scrunch worm hypothesis, рисунок В), которая подразумевает переход между В-формой и А-формой ДНК (рисунок С, указаны характеристики одного витка двойной спирали).

На рисунке В показана предполагаемая последовательность работы портального комплекса. Портальный белок образует канал, через который проходит двуцепочечная ДНК. В исходном состоянии (а) участок ДНК находится внутри канала. За счёт циклических конформационных изменений белков комплекса происходит последовательное захватывание и проталкивание ДНК вперёд (б–г). При этом белки взаимодействуют с поверхностью двойной спирали и могут изменять её пространственную конфигурацию: участок ДНК временно переходит между В- и А-формой. Такой переход сопровождается изменением шага спирали и приводит к смещению ДНК относительно портального канала.

[28] https://drive.google.com/file/d/1FEpQqRuMzxfmcvbSo_gvQCnJ5IhxIB5L/view?usp=drive_link



Какому числу пар оснований B-ДНК соответствует величина осевого перемещения? Рассчитайте длину последовательности (в п. н. в B-форме), которая будет перемещена в результате конформационных переходов на участке, содержащем ровно 4 витка (в B-форме). Ответ округлите до десятых и запишите через разделитель-запятую.

Примечание.

Осевое перемещение – это расстояние вдоль продольной оси двойной спирали ДНК, на которое смещается участок молекулы при переходе между конформациями. Оно определяется разницей в расстоянии, приходящемся на одну пару оснований в разных формах ДНК. Например, если в B-форме одна пара оснований увеличивает длину молекулы на 3,4 Å, а в A-форме – на 2,6 Å, то при переходе участка из B-формы в A-форму каждая пара оснований приводит к укорочению спирали на 0,8 Å.

Ответ: 9,4.

Решение:

В B-форме на 1 пару нуклеотидов приходится 34/10 = 3.4 Å, тогда как в A-форме 28.6/11 = 2.6 Å на пару нуклеотидов.

Участок из четырёх витков в B-форме имеет длину 34×4 = 136 Å и содержит 10 × 4 = 40 п. н. После перехода в A-форму длина рассматриваемого участка станет равна 2.6 × 40 = 104 Å. Разница составит 136 – 104 = 32 Å.

В соответствии с механизмом участок именно такой длины будет перенесен в капсид. Для B-формы это соответствует 32/3.4 ≈ 9.4 п.н.