

Урок 6. Фотосинтез и хемосинтез

Световые реакции, цикл Кальвина и автотрофное питание

60 заданий с ответами и объяснениями

Содержание теста

- 01. Начальный уровень: задания 1-20
- 02. Средний уровень: задания 21-40
- 03. Высокий уровень: задания 41-60

Начальный уровень

Задание 1

Выберите три метода, позволяющие количественно оценить интенсивность фотосинтеза водного растения.

- 1) описать цвет листьев без шкалы;
- 2) определить прирост сухой массы за заданный промежуток времени;
- 3) измерить скорость поглощения CO_2 ;
- 4) назвать вид растения;
- 5) зарисовать форму сосуда;
- 6) измерить объём выделившегося O_2 за единицу времени.

Ответ

236

Интенсивность процесса оценивают по продукту O_2 , расходованию CO_2 или накоплению органического вещества; описание цвета, название вида и рисунок сосуда не дают количественной оценки скорости.

Задание 2

При фиксации шести молекул CO_2 образовалась одна молекула глюкозы. Сколько молекул триозофосфата с тремя атомами углерода должно выйти из цикла Кальвина для её синтеза?

Ответ

2

В глюкозе шесть атомов углерода, в одной триозе — три; поэтому для синтеза гексозы нужны две триозы.

Задание 3

Выберите три верных положения о светозависимых реакциях фотосинтеза.

- 1) образуют пируват;
- 2) создают протонный градиент;
- 3) сопровождаются фотолизом воды;
- 4) протекают только в строме;
- 5) идут в мембране тилакоида;
- 6) непосредственно фиксируют CO_2 .

Ответ

235

Световые реакции локализованы в тилакоидах, дают электроны при фотолизе воды и создают градиент H^+ ; фиксация CO_2 происходит в цикле Кальвина.

Задание 4

Установите последовательность событий линейного потока электронов:

- А) восстановление НАДФ $^{+}$;
- Б) фотолиз воды;
- В) возбуждение фотосистемы I;
- Г) перенос электронов и перекачка H^+ ;
- Д) возбуждение фотосистемы II.

Ответ

ДБГВА

ФС II получает энергию света; вода восполняет потерянные электроны; цепь создаёт градиент; ФС I повторно возбуждает электроны, после чего восстанавливается НАДФ $^{+}$.

Задание 5

Заполните пропуски А и Б.

Этап	Место	Основной результат
Светозависимые реакции	А: _____	АТФ и НАДФ·Н
Цикл Кальвина	Строма	Б: _____

Ответ

А — мембрана тилакоида; Б — фиксация CO_2 и образование триозофосфата

Тилакоидная мембрана несёт фотосистемы и АТФ-синтазу; ферменты фиксации углерода растворены в строме.

Задание 6

Выберите три вещества, непосредственно расходуемые в цикле Кальвина.

- 1) АТФ;
- 2) CO_2 ;
- 3) пируват;
- 4) НАДФ·Н;
- 5) O_2 ;
- 6) ФАД· H_2 .

Ответ

124

Цикл использует CO_2 как источник углерода, АТФ как источник энергии и НАДФ·Н как восстановитель.

Задание 7

Из 24 молекул воды при фотолизе образовалось 12 молекул O_2 . Сколько атомов кислорода из этих молекул воды вошло в выделившийся кислород?

Ответ

24

В 12 молекулах O_2 содержится 24 атома кислорода; именно кислород воды становится молекулярным кислородом фотосинтеза.

Задание 8

Укажите общий признак и различие фотосинтеза и хемосинтеза по источнику энергии.

Общий признак: _____. Фотосинтез: _____.

Хемосинтез: _____.

Ответ

Общий признак — фиксация CO_2 с образованием органического вещества; фотосинтез использует свет; хемосинтез — энергию окисления неорганических веществ

Оба процесса автотрофны, но первичный источник энергии различен.

Задание 9

Что такое фотофосфорилирование?

Ответ

Синтез АТФ из АДФ и фосфата за счёт протонного градиента, созданного светозависимым переносом электронов.

Задание 10

Что образуется при циклическом потоке электронов вокруг ФС I?

Ответ

Дополнительный АТФ; НАДФ·Н и O_2 не образуются.

Задание 11

Что называют компенсационной точкой освещённости?

Ответ

Освещённость, при которой скорость фотосинтеза равна скорости дыхания и чистый газообмен равен нулю.

Задание 12

Почему лист кажется зелёным?

Ответ

Зелёная часть спектра слабее поглощается хлорофиллами и сильнее отражается или проходит через лист.

Задание 13

Какова роль каротиноидов?

Ответ

Расширяют спектр поглощения и защищают фотосистемы от избытка возбуждения и активных форм кислорода.

Задание 14

Что такое фотореспирация?

Ответ

Путь, начинающийся с присоединения O_2 к RuBP, сопровождающийся расходом энергии и потерей CO_2 .

Задание 15

Назовите первичный акцептор CO_2 у C_4 - и CAM-растений.

Ответ

Фосфоенолпироват, PEP.

Задание 16

Чем C_4 -путь отличается от CAM по типу разделения реакций?

Ответ

У C_4 разделение пространственное, у CAM — временное.

Задание 17

Сформулируйте закон лимитирующего фактора.

Ответ

Скорость процесса ограничивает фактор, наиболее удалённый от оптимума в данных условиях.

Задание 18

Назовите две группы хемоавтотрофов по окисляемому субстрату.

Ответ

Например, нитрифицирующие и сероокисляющие; также железо- и водородные бактерии.

Задание 19

Откуда хемоавтотрофы получают углерод?

Ответ

Из CO_2 или другой неорганической формы углерода.

Задание 20

Какова роль тилакоидного люмена?

Ответ

В нём накапливаются H^+ , создавая протон-движущую силу для АТФ-синтазы.

Средний уровень

Задание 21

Выберите три признака C_4 -фотосинтеза.

- 1) устьица открываются только ночью;
- 2) фотолиз воды отсутствует;
- 3) цикл Кальвина пространственно отделён в клетках обкладки;
- 4) CO_2 не используется;
- 5) первый устойчивый продукт содержит четыре атома С;
- 6) первичная фиксация CO_2 идёт ФЕП-карбоксилазой.

Ответ

356

C_4 -путь пространственно концентрирует CO_2 ; ночное открывание устьиц характерно для САМ.

Задание 22

Установите последовательность этапов цикла Кальвина:

- А) выход части триозофосфата;
- Б) образование двух молекул 3-фосфоглицерата;
- В) присоединение CO_2 к РубФ;
- Г) регенерация РубФ;
- Д) восстановление 3-фосфоглицерата.

Ответ

ВБДАГ

После карбоксилирования нестойкий продукт распадается, восстанавливается за счёт АТФ и НАДФ·Н; часть триозы выходит, остальная регенерирует акцептор.

Задание 23

Заполните пропуски: назовите непосредственное ограничение.

Фактор	Непосредственное ограничение
Недостаток света	А: _____
Недостаток CO_2	Б: _____
Температура выше оптимума	В: _____

Ответ

А — дефицит АТФ и НАДФ·Н; Б — снижение карбоксилирования РубФ; В — нарушение работы ферментов и усиление потерь воды/фотодыхания

Каждый фактор ограничивает своё звено; формулировка должна связывать фактор с механизмом.

Задание 24

Измерена скорость фотосинтеза при разных температуре и концентрации CO_2 :

Температура	400 ppm CO_2	900 ppm CO_2
20 °C	8 усл. ед.	13 усл. ед.
35 °C	5 усл. ед.	6 усл. ед.

Сформулируйте два вывода, не выходя за пределы данных.

Ответ

1) При 20 °C повышение CO_2 с 400 до 900 ppm увеличило скорость с 8 до 13 ед.

2) При 35 °C эффект повышения CO_2 был намного слабее, а скорость ниже при обеих концентрациях

Выводы должны содержать условия, направление и численные показатели; объяснение механизма здесь не требуется.

Задание 25

Выберите три условия корректного опыта по влиянию освещённости на фотосинтез элодеи.

- 1) одинаковая температура;
- 2) измерение только одного случайного пузырька;
- 3) разная концентрация CO_2 ;
- 4) одинаковая длина побегов;
- 5) разные виды растений;
- 6) несколько независимых сосудов на уровень света.

Ответ

146

Температуру, объект и CO_2 контролируют, а независимые повторы позволяют оценить разброс.

Задание 26

Выберите три группы хемоавтотрофных организмов по окисляемому субстрату.

- 1) бесцветные сероокисляющие хемоавтотрофные бактерии;
- 2) дрожжи;
- 3) молочнокислые бактерии;
- 4) плесневые грибы;
- 5) хемоавтотрофные железоокисляющие бактерии;
- 6) нитрифицирующие бактерии.

Ответ

156

Нитрифицирующие, указанные сероокисляющие и железоокисляющие бактерии получают энергию при окислении неорганических соединений; дрожжи и грибы — гетеротрофы.

Задание 27

Расположите действия при последовательной проверке двух возможных лимитирующих факторов:

- А) сравнить изменения скорости в обеих сериях;
- Б) установить постоянные температуру и влажность;
- В) измерить исходную скорость;
- Г) увеличить только концентрацию CO_2 ;
- Д) в отдельной серии вернуть исходный CO_2 и изменить только освещённость.

Начните с установления контролируемых условий.

Ответ

БВГДА. Сначала задают постоянные условия, измеряют исходную скорость, затем отдельно проверяют CO_2 и освещённость и сопоставляют эффекты.

Задание 28

Заполните пропуски А и Б.

Процесс	Донор электронов	Конечный акцептор
Кислородный фотосинтез	А: _____	НАДФ ⁺
Аэробное дыхание	НАД·Н / ФАД·Н ₂	Б: _____

Ответ

А — вода; Б — кислород

В фотосинтезе вода отдаёт электроны, а в дыхании кислород принимает их в конце цепи.

Задание 29

Почему ингибитор НАДФ⁺-редуктазы со временем тормозит и ФС II?

Ответ

Электроны не имеют конечного акцептора, переносчики восстанавливаются, цепь переполняется и новые электроны от ФС II принимать некому.

Задание 30

Объясните экологическое значение нитрифицирующих бактерий.

Ответ

Они окисляют аммоний до нитрита и нитрата, участвуют в круговороте азота и делают нитрат доступным растениям, хотя повышают риск вымывания азота.

Задание 31

Опишите оболочку, строму и тилакоидную систему хлоропласта. Что называют граной и ламеллой? Объясните, почему замкнутый люмен и большая площадь тилакоидной мембраны важны для синтеза АТФ.

Ответ

Хлоропласт окружён наружной и внутренней мембранами; внутри находится строма с ДНК, рибосомами и ферментами цикла Кальвина. Тилакоиды образуют стопки — граны; стромальные ламеллы соединяют тилакоиды гран. Люмен — внутреннее пространство тилакоидов. В нём накапливаются Н⁺, а тилакоидная мембрана удерживает градиент. Большая площадь мембраны позволяет разместить больше комплексов световых реакций и АТФ-синтаз.

Задание 32

Проследите путь электронов от воды до НАДФ·Н при линейном потоке. Укажите роль фотосистем II и I, комплекса b₆f, НАДФ⁺-редуктазы и АТФ-синтазы. Назовите продукты световых реакций.

Ответ

Вода отдаёт электроны фотосистеме II, возбужденной светом; выделяются O₂ и H⁺. Электроны проходят через пластохинон, комплекс b₆f и пластоцианин к фотосистеме I, вновь возбуждаются светом и через ферредоксин и НАДФ⁺-редуктазу восстанавливают НАДФ⁺. Накопление H⁺ в люмене создаёт градиент, обратный поток через АТФ-синтазу обеспечивает образование АТФ. Продукты — АТФ, НАДФ·Н и O₂.

Задание 33

Расположите стадии цикла Кальвина в правильном порядке, начиная с фиксации CO₂. Назовите роль RuBisCO, 3-фосфоглицерата, триозофосфата и RuBP. Почему необходима регенерация RuBP?

Ответ

RuBisCO катализирует присоединение CO₂ к RuBP. Нестойкий продукт распадается на две молекулы 3-фосфоглицерата. С затратой АТФ и НАДФ·Н они восстанавливаются до триозофосфата. Часть триозофосфата используется для синтеза углеводов, большая часть — для регенерации RuBP с затратой АТФ. Без восстановления запаса RuBP прекратится приём новых молекул CO₂.

Задание 34

При постоянных температуре и CO₂ скорость фотосинтеза сначала растёт с освещённостью, а затем выходит на плато. Объясните оба участка зависимости. Почему дальнейшее увеличение света не повышает скорость?

Ответ

При слабом свете количество поглощённых фотонов ограничивает образование АТФ и НАДФ·Н, поэтому увеличение освещённости ускоряет фотосинтез. На плато наступает световое насыщение: скорость ограничивают другие звенья, например доступность CO₂, активность ферментов или транспорт продуктов. Дополнительный свет этого ограничения не устраняет.

Задание 35

Сравните C₃-, C₄- и САМ-фотосинтез по первичной фиксации углерода и способу концентрирования CO₂. В каких случаях реакции разделены пространственно, а в каких — во времени?

Ответ

У C_3 -растений углерод фиксирует RuBisCO в цикле Кальвина; первый стабильный продукт — 3-фосфоглицерат. У типичных C_4 -растений ФЕП-карбоксилаза фиксирует неорганический углерод в мезофилле, четырёхуглеродные кислоты доставляют CO_2 в клетки обкладки — разделение пространственное. У САМ-растений первичная фиксация идёт ночью, а CO_2 из накопленных кислот используется днём в той же клетке — разделение временное.

Задание 36

Проследите связь между окислением неорганического донора электронов, мембранной цепью, образованием АТФ и восстановителя и фиксацией CO_2 у хемоавтотрофа. Почему блок цепи тормозит фиксацию углерода?

Ответ

Без переноса электронов не создаются протонный градиент, АТФ и восстановитель, необходимые для восстановления CO_2 .

Задание 37

Сопоставьте фотосинтез в хлоропласте и аэробное дыхание в митохондриях по исходным веществам, продуктам и преобразованию энергии. Почему вещества могут участвовать в круговороте, а энергия требует постоянного поступления?

Ответ

При кислородном фотосинтезе энергия света обеспечивает синтез органических веществ из CO_2 и воды, выделяется O_2 . При аэробном дыхании органические вещества окисляются с участием O_2 до CO_2 и воды; часть высвобождаемой энергии запасается в АТФ. Продукты могут снова стать исходными веществами. На каждом преобразовании часть энергии рассеивается как тепло, поэтому замкнутого круговорота энергии нет.

Задание 38

Где идёт гликолиз и каков его чистый выход АТФ?

Ответ

В цитозоле; чистый выход — 2 АТФ на глюкозу.

Задание 39

Как кислород связан с дыхательной цепью?

Ответ

Является конечным акцептором электронов и восстанавливается до воды.

Задание 40

Почему ионы не проходят свободно через фосфолипидный бислой?

Ответ

Заряженные частицы энергетически невыгодно помещать в гидрофобное ядро мембраны; нужны белковые каналы или переносчики.

Высокий уровень

Задание 41

Спланируйте опыт по влиянию спектра света на скорость фотосинтеза элодеи. Укажите независимую и зависимую переменные, контроль, не менее трёх постоянных условий и способ обеспечить независимые повторы.

Ответ

Независимая переменная — спектр или длина волны; зависимая — скорость выделения O_2 , измеренная за одинаковое время и нормированная на массу или площадь побега. Группа сравнения — стандартный белый свет. Во всех освещённых вариантах выравнивают плотность потока фотонов на уровне растения, температуру, доступность CO_2 , состояние и размер побегов, объём среды и время опыта. Для каждого спектра используют несколько отдельных сосудов с независимыми растениями, случайно распределёнными по вариантам. Подсчёт пузырьков менее точен, чем измерение объёма или концентрации O_2 .

Задание 42

При одинаковой плотности потока фотонов скорость фотосинтеза растения была выше на красном и синем свете, чем на зелёном. Сформулируйте вывод по данным. Затем объясните, что произойдёт с кислородным фотосинтезом, если утратится функциональный хлорофилл реакционных центров обеих фотосистем.

Ответ

В условиях опыта красный и синий свет обеспечивали большую скорость фотосинтеза, чем зелёный. Это согласуется со свойствами фотосинтетических пигментов, но один опыт не устанавливает вклад каждого пигмента. При утрате функционального хлорофилла реакционных центров невозможны нормальное разделение зарядов и запуск фотохимического переноса электронов. Световые реакции кислородного фотосинтеза прекращаются, а после расходования запасов АТФ и NADPH прекращается и поддерживаемая ими фиксация CO_2 . Химическое извлечение хлорофилла из листа повреждает и другие структуры, поэтому само по себе не служит чистой проверкой этой причины.

Задание 43

Почему закрывание устьиц в жаркий сухой день одновременно уменьшает потерю воды и может снижать скорость фотосинтеза?

Ответ

Закрытые устьица уменьшают диффузию водяного пара наружу, но также ограничивают поступление CO_2 . Концентрация CO_2 в листе падает, карбоксилирование замедляется и относительная роль фотодыхания возрастает

Задание 44

У мутанта хлоропластов тилакоидная мембрана стала свободно проницаема для H^+ , но фотосистемы продолжили перенос электронов. Предскажите изменения синтеза АТФ, образования НАДФ·Н и фиксации CO_2 .

Ответ

Протонный градиент рассеется, поэтому фотосинтетическое фосфорилирование и синтез АТФ резко снизятся. НАДФ·Н может ещё образовываться при переносе электронов, но фиксация CO_2 замедлится из-за дефицита АТФ; часть энергии уйдёт в тепло

Задание 45

Предложите опыт, позволяющий отличить C_4 -растение от C_3 -растения по реакции на снижение CO_2 при высокой температуре. Укажите группы, показатель и ожидаемый критерий.

Ответ

Два вида выращивают при одинаковых свете, температуре и влажности, но в нескольких концентрациях CO_2 ; измеряют газообмен или прирост сухой массы. У C_4 -вида скорость будет меньше снижаться при низком CO_2 и высокой температуре благодаря концентрации CO_2 в клетках обкладки

Задание 46

После добавления ингибитора ФС II выделение O_2 прекратилось, но кратковременно сохранялся синтез АТФ. Объясните наблюдение и предскажите изменение образования НАДФ·Н.

Ответ

Фотолиз воды и линейный поток остановились, поэтому O_2 не выделяется и НАДФ·Н почти не образуется. АТФ временно может синтезироваться при циклическом потоке электронов вокруг ФС I, который создаёт градиент H^+ без образования НАДФ·Н

Задание 47

Почему теневой лист обычно тоньше солнечного, но может эффективно использовать слабое освещение?

Ответ

При слабом свете нет преимущества в большом числе слоёв фотосинтезирующих клеток, поэтому лист тоньше. Относительно больше светособирающих пигментов и более низкая световая точка компенсации позволяют использовать слабый поток фотонов

Задание 48

Для хемоавтотрофа аммиак — единственный доступный источник энергии и электронов. Он потерял фермент окисления аммиака, но сохранил аппарат фиксации CO_2 . Почему рост прекратится даже при избытке CO_2 ?

Ответ

CO_2 служит источником углерода, но не заменяет источник энергии и электронов. Без окисления аммиака не формируются АТФ и восстановитель, поэтому восстановление углерода и синтез органических веществ прекращаются

Задание 49

У C_4 -растения малат служит основной формой переноса углерода из мезофилла в клетки обкладки. У мутанта этот перенос заблокирован и не компенсируется другими путями. Предскажите изменение фотосинтеза и роста в жарком воздухе.

Ответ

Доставка CO_2 к RuBisCO в клетках обкладки снижается, поэтому ослабевает концентрирование CO_2 и падает фиксация углерода. Относительное значение фотореспирации может возрасти; рост снижается. Первичная фиксация CO_2 в мезофилле ещё возможна, но без передачи углерода не обеспечивает нормальную работу C_4 -цикла.

Задание 50

В тёмном океаническом сообществе первичная продукция сохраняется. Какие измерения подтвердят хемосинтез?

Ответ

Зафиксировать поглощение меченого CO_2 без света, окисление $\text{H}_2\text{S}/\text{H}_2/\text{NH}_3$ или Fe^{2+} , синтез АТФ/биомассы и подавление процесса ингибитором соответствующей мембранной цепи; предусмотреть убитый контроль.

Задание 51

Объясните, почему замкнутый люмен и большая площадь тилакоидной мембраны необходимы для синтеза АТФ. Укажите минимум три причинно связанных шага и один способ экспериментальной проверки или наблюдаемый признак.

Ответ

Люмен накапливает H^+ , мембрана удерживает электрохимический градиент, а большая площадь размещает больше фотосистем, переносчиков и АТФ-синтаз.

Проверка: сравнить освещённые изолированные хлоропласты с разобщителем и без него; при одинаковых свете и субстратах разобщитель уменьшит протонный градиент и синтез АТФ.

Задание 52

Проследите путь электронов от воды до НАДФ·Н и назовите два продукта световой фазы. Укажите минимум три причинно связанных шага и один способ экспериментальной проверки или наблюдаемый признак.

Ответ

Электроны воды поступают в ФС II, проходят пластохинон и b_6f , затем ФС I, ферредоксин и НАДФ⁺-редуктазу. Образуются АТФ и НАДФ·Н; выделяется O_2 .

Проверка: сравнить выделение O_2 и образование НАДФ·Н в контрольных хлоропластах и после ингибирования ФС II при одинаковых условиях. Оба показателя снизятся.

Задание 53

Для цикла Кальвина расположите стадии цикла и объясните, зачем регенерировать RuBP. Укажите минимум три причинно связанных шага и один способ экспериментальной проверки или наблюдаемый признак.

Ответ

Фиксация → восстановление → выход части триозофосфата → регенерация. RuBP является акцептором новой молекулы CO_2 .

Проверка: кратковременно подавить регенерацию RuBP и измерить его содержание и включение меченого CO_2 . По мере истощения RuBP фиксация углерода снизится.

Задание 54

Почему увеличение освещённости после выхода кривой на плато не повышает скорость? Укажите минимум три причинно связанных шага и один способ экспериментальной проверки или наблюдаемый признак.

Ответ

Свет перестал быть лимитирующим; ограничивать начинают CO_2 , температура, ферменты или транспорт веществ.

Проверка: при освещённости на плато увеличить только CO_2 , сохраняя температуру и остальные условия. Рост скорости поддержит гипотезу ограничения углекислым газом; отсутствие роста потребует проверить другие факторы.

Задание 55

В опыте по влиянию освещённости на фотосинтез назовите независимую и зависимую переменные, два контролируемых условия и причину использовать несколько независимых растений.

Ответ

Независимая переменная — освещённость; зависимая — скорость фотосинтеза; контролируют, например, температуру и CO_2 ; независимые растения позволяют оценить биологический разброс

Задание 56

Почему изменение pH стромы хлоропласта может снизить скорость цикла Кальвина, даже если световые реакции продолжаются?

Ответ

Ферменты имеют диапазон оптимального pH; изменение заряда активных центров нарушает связывание субстрата и каталитическую активность, поэтому фиксация CO_2 замедляется

Задание 57

Какие две особенности строения хлоропласта подтверждают его эндосимбиотическое происхождение и как каждая связана с бактериальным предком?

Ответ

Собственная кольцевая ДНК и рибосомы 70S сходны с бактериальными; деление надвое и двойная оболочка также согласуются с происхождением от поглощённой бактерии

Задание 58

Сопоставьте фотосинтез и дыхание по мембране, источнику электронов, конечному акцептору и направлению превращения энергии.

Ответ

Оба процесса используют электрон-транспортную цепь, протонный градиент и АТФ-синтазу. В кислородном фотосинтезе цепь расположена в тилакоидной мембране, донор электронов — вода, конечный акцептор линейного потока — НАДФ⁺; энергия света преобразуется в химическую. При аэробном дыхании эукариот цепь находится во внутренней мембране митохондрии, электроны поступают от NADH и FADH_2 , конечный акцептор — O_2 ; энергия окисления органических веществ используется для синтеза АТФ и частично рассеивается как тепло.

Задание 59

Спроектируйте тепличный опыт для определения, что лимитирует урожай — свет или CO_2 .

Ответ

Факторный опыт 2×2: низкий/высокий свет и обычный/повышенный CO₂, одинаковые сорта, температура, вода и питание, случайное размещение, повторности. Измеряют газообмен и сухую массу; взаимодействие факторов показывает смену лимитирования.

Задание 60

В листе одновременно упали содержание НАДФ·Н и скорость фиксации CO₂, но АТФ частично сохранился. Какой поток мог компенсировать дефицит и почему фиксация всё равно снизилась?

Ответ

Циклический поток вокруг ФС I мог синтезировать АТФ без НАДФ·Н. Цикл Кальвина требует и АТФ, и восстановителя, поэтому без НАДФ·Н восстановление 3-ФГ остановится.

[Следующий урок: Урок 7. Наследственная информация](#)

[Все материалы курса «Биология ЕГЭ»](#)