

ИЗДАЕТСЯ С 1992 Г.

БИОЛОГИЯ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ БИОЛОГИИ, ЭКОЛОГИИ И ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ № 5-6 (974)
bio.1september.ru



с. 20

Это интересно:
«кино про зверей»



с. 42

Экология:
увлекательное
краеведение



с. 48

Практикум:
опыты с садовыми
растениями

издательский
дом
1september.ru

Первое сентября май-июнь
2015

БИОЛОГИЯ Подписка на сайте www.1september.ru или по каталогу «Почта России»: 79005 (бумажная версия), 12652 (CD-версия)

Электронный задачник на уроке БИОЛОГИИ

А.Г. Козленко

Решение биологических задач – неотъемлемая часть современного урока биологии.

*Физик: «Как ты их учишь? Они ж квадратные уравнения не решают!!!»
Математик: «У меня решают...»*

► Биологические задачи уже давно стали важной, практически неотъемлемой частью обучения биологии. Во-первых, учителям биологии важно не только декларировать наличие математической или физической основы ряда процессов и явлений, но и дать ее «пощупать», применив расчетные методы. Во-вторых, как видно из эпиграфа, довольно часто у учеников знания и умения, полученные на других предметах, лежат как бы в разных ящиках и извлекаются оттуда только по звонку на соответствующий урок. Наконец, биологические задачи имеют ряд специфических свойств, отличающих их от традиционного подхода «возьми формулу, подставь цифры».

В самом общем случае биолого-математическая задача:

- имеет оригинальную, интригующую, «цепляющую» форму предъявления;
- предполагает развитие нескольких разных навыков и приемов интеллектуального труда;
- решается на данном уровне знаний и навыков учащихся (в зоне ближайшего развития);
- для решения требует применения нетривиального алгоритма (задача не решается «по образцу»);
- имеет несколько разных путей решения;
- предполагает поиск не данных, а путей решения (если только в цели задания не входит оценка достаточности информации) и переноса приемов из других областей (предметов, видов деятельности и т.п.);

– не противоречит биологической сути процесса (явления);

– предполагает наличие проверки (приблизительной оценки правильности решения);

– имеет оригинальное и красивое решение.

При этом биологическая суть должна быть «вплетена» в ткань задачи, а полученный результат (и/или процесс) может использоваться и вне данного урока.

Конечно, реальные задачи могут не отвечать всем этим требованиям сразу, однако чем больше им их числу они соответствуют, тем лучше.

Обучение решению задач не может быть просто сведено к предъявлению условия и автоматической проверке правильности решения (по ответу в книжке или компьютерной проверке после ввода ответа в соответствующее поле). Одни задачи при неправильном выполнении могут быть повторно решены с небольшой подсказкой, позволяющей скорректировать типичные ошибки, другие можно просто сопроводить готовым решением, а третьи – прорешать в пошаговом режиме, проверяя правильность выполнения каждого из этапов.

Именно так построен «Задачник по биологии, 8–11 классы» компании «ФИЗИКОН» – интерактивное приложение, с помощью которого можно самостоятельно научиться решать биологические задачи, в том числе профильного уровня. Последовательно выполняя задания, можно подготовиться к решению биологических задач тематической аттестации и экзамена (включая ГИА и ЕГЭ), предметных олимпиад разного уровня и даже на младших курсах медицинских и биологических вузов.

Задачник включает 23 темы, объединяющие более 700 интерактивных заданий различных типов, и 7 контрольных работ по разделам



«Человек», «Основы цитологии», «Основы генетики», «Генетика человека», «Генетика популяций», «Надорганизменные системы» и «Биосфера, ее состояние и эволюция». (Полный список тем и типовых задач см. в Личном кабинете.)

Каждая тема включает три вида задач (им соответствуют иконки).

1. Предзадачи – задачи на важнейшие теоретические положения, которые важно знать, приступая к решению биологических задач. Выполняют функцию актуализации теоретического материала конкретной темы. Подробные решения всех предзадач содержат основные теоретические сведения, необходимые для понимания процессов и явлений. Для наиболее сложных тем представлена классификация основных типов задач и рекомендации по их решению.

2. Типовые задачи – блоки интерактивных заданий, расположенные в оптимальной для обучения последовательности. Тема может включать один или несколько видов типовых задач, каждый из которых содержит пять блоков задач в такой последовательности:

- задачи с разобранным решением;
- автоматически проверяемые простые задания на общее владение материалом;
- задачи с подсказкой;
- задачи с пошаговым решением и контролем этапов;
- автоматически проверяемые сложные задачи для самостоятельного решения.

3. Постзадачи – отдельные задачи со свободным выбором подхода к решению (среди них – задачи углубленного и олимпиадного уровня). Для их решения требуются учебные умения более высокого уровня. Разобраны нетривиальные решения части задач.

Решать задачи лучше по порядку. Сначала по предзадачам повторить теоретические сведения. (Решение этих задач нужно смотреть обязательно, даже если задание выполнено правильно.) Затем перейти к типовым задачам по конкретным темам. (Они расположены в порядке увеличения сложности и в порядке увеличения степени самостоятельности при решении задачи.) Завершается работа с темой выполнением постзадач, которые служат для проверки сформированности умения видеть задачу, применять основные приемы ее решения и достигать успеха.

Контрольные работы включают задания по всем темам раздела. (Материалы не содержат дополнительных сведений какого-либо рода.)

Одной из интересных тенденций в развитии образования в 2014 г. стало направление BYOD (Bring Your Own Device) – «Принеси

свое собственное устройство». Многообразие устройств перестало быть проблемой для учителя: современные «облачные» программные продукты работают и на домашнем компьютере или ноутбуке, и на личном планшетном компьютере, смартфоне или на рабочей станции в школе. «Задачник по биологии, 8–11 классы», входящий в новую серию образовательных продуктов «Облако знаний», через плеер курсов или с помощью браузера может быть запущен практически на любом современном устройстве под управлением разных операционных систем. После приобретения курса надо активировать его с помощью пин-кода и получить доступ к образовательным материалам со всех своих устройств. При этом личные закладки и результаты, история работы в приложениях, добавленные собственные материалы сохраняются при переходе с одного устройства на другое и могут быть использованы на любом из них.

Конечно, «Задачник» ориентирован в первую очередь на индивидуального пользователя: человека, который достаточно мотивирован и усидчив для работы с довольно сложным по содержанию и формам действия материалом. Но и учитель, готовый экспериментировать, найдет оригинальные и эффективные способы его использования в урочной практике.

Выделим основные варианты и опишем некоторые приемы использования «Задачника» на уроках в зависимости от ИКТ-поддержки учебного процесса.

В кабинете биологии есть только персональный компьютер учителя и принтер. Учитель может распечатать задания в нужном количестве и использовать для индивидуальной работы с сильными учениками, беря на себя функцию актуализации теоретических сведений.

В кабинете биологии есть только персональный компьютер учителя и мультимедийный проектор (интерактивная доска). На персональный компьютер устанавливается пособие «Задачник по биологии, 8–11 классы» для использования в демонстрационном режиме, для решения задач у доски и закрепления материала. Наличие интерактивной доски повышает эффективность использования задачника, не изменяя при этом способа использования: если современный мультимедийный проектор, дающий сильный световой поток, используется без затемнения, то ученик вполне может работать у обычной доски рядом с экраном, на который проецируется задача, и без интерактивной доски. Интерактивная доска позволяет решать задачу непосредственно под приведенным условием (используя стилус или маркер), сохранять решение ученика, од-

нако проверка ответа и демонстрация решения будут достаточно схожими.

В кабинете биологии есть несколько компьютерных рабочих мест учащихся. Используется облачная версия «Задачника» для индивидуальной или групповой работы учащихся. Если компьютеры связаны с персональным компьютером учителя, к которому подключен мультимедийный проектор, возможна организация достаточно сложных форм групповой работы учащихся, в том числе с анализом индивидуального вклада в общий групповой результат или использования принципов генетических алгоритмов. Это возможно как в профильных, так и в непрофильных классах (классах с профилизацией по другим предметам).

Урок проводится в компьютерном классе с использованием облачной версии пособия или индивидуальных планшетных компьютеров в режиме «Один ученик – один компьютер». В этом случае возможно полнофункциональное использование задачника, но только в классах биологического профиля.

Ниже приведены планы уроков двух типов, на которых применение «Задачника» не так просто и очевидно, как на уроке контроля знаний.

Урок изучения нового материала: «Неаллельные взаимодействия генов (эпистаз, полимерия)», 11-й класс, биология, профильный уровень

I. Тип урока: урок изучения нового материала

Хотя данный урок посвящен изучению нового материала, в нем существенную роль играет применение полученных ранее знаний и умений, поэтому он имеет определенные черты урока формирования умений и навыков, предполагающего целевое применение усвоенного, развитие самостоятельности и учебной активности учащихся.

II. Цели урока

Познакомить с разными типами неаллельного взаимодействия генов, влияющими на соотношение фенотипов потомков дигибридного скрещивания.

Продемонстрировать успехи современной науки в решении прикладных задач (формирование естественнонаучной картины мира).

Формировать навыки решения биологических задач (дигибридное скрещивание).

III. Универсальные учебные действия (УУД)

Познавательные УУД

Общеучебные:

– знаково-символические действия, включая моделирование (преобразование объекта

из чувственной формы в модель, где выделены существенные характеристики объекта, и преобразование модели с целью выявления общих законов, определяющих данную предметную область);

– выбор наиболее эффективных способов решения задач в зависимости от конкретных условий.

IV. Кодификатор элементов содержания (КЭС) к ЕГЭ по биологии

3. Организм как биологическая система.

3.5. Взаимодействие генов. Генотип как целостная система.

В полном объеме материал рассматривается только в профильных классах, однако наличие указанной темы в кодификаторе ЕГЭ делает его востребованным для подготовки к выпускным экзаменам.

V. Учебное оборудование

Компьютер с мультимедийным проектором, интерактивная доска¹. Интерактивный мультимедийный учебно-методический комплекс «Облако знаний». «Задачник по биологии, 8–11 классы» (локальная или облачная версия) (ООО «ФИЗИКОН»): раздел «Основы генетики», тема «Взаимодействие аллелей. Генотип как целостная система», типовые задачи «Неаллельные взаимодействия генов (эпистаз, полимерия)».

VI. Структура урока

Краткий план занятия

Занятие рассчитано на один академический час в кабинете биологии с одним компьютером и с мультимедийным проектором (оптимальный вариант – с интерактивной доской).

1. Организационный момент – 2–3 мин.

2. Актуализация знаний об аллельном взаимодействии генов и дигибридном скрещивании. Повторение теоретического материала – 3–5 мин.

3. Изучение нового материала – 20–25 мин.

4. Решение задач – 7–10 мин.

5. Закрепление знаний – 3–6 мин.

6. Домашнее задание – 3–4 мин.

¹ Возможно проведение урока и без интерактивной доски, но в таком случае желательно, чтобы обычная доска и экран проектора не закрывали друг друга, а располагались рядом: чтобы можно было смотреть на условие и/или решение задачи на экране и одновременно выполнять действия на обычной доске.

У волнистых попугайчиков цвет оперения определяют два неаллельных гена: доминантный аллель первого гена обуславливает наличие жёлтого пигмента, а рецессивный – его отсутствие; доминантный аллель второго гена обуславливает наличие голубого пигмента, рецессивный – его отсутствие (если оба пигмента отсутствуют, формируется белое оперение, если оба присутствуют – зелёное). Обозначения аллелей:

- A – жёлтый;
- a – нет пигмента (белый);
- B – голубой;
- b – нет пигмента (белый).

Какие фенотипы соответствуют таким генотипам?

Зелёный	Жёлтый	Голубой	Белый
AaBb	AAbb	aaBB	
AaBB		aaBb	
			aabb

Проверить

Рис. 1. Задание на классификацию «Фенотипы и расщепление у попугайчиков»

Подробный конспект занятия

1. Организационный момент. Пояснение цели урока, его места в изучаемой теме, особенностей проведения.

2. Актуализация знаний об аллельном взаимодействии генов и дигибридном скрещивании.

Обратите внимание, что при разных формах взаимодействия аллельных генов (аллелей одного гена) отклонения от расщепления по законам Менделя касались расщепления по фенотипам, но не по генотипам. На этом уроке мы рассмотрим примеры взаимодействия неаллельных генов, которые влияют на один признак (обычно – двух разных генов). В верхней части доски или на специальной странице конспекта интерактивной доски записывается расщепление по генотипам и фенотипам для дигибридного скрещивания с полным доминированием:

$$9 A-B- : 3 A-bb : 3 aaB- : 1 aabb.$$

Для удобства и экономии времени можно сделать шаблон в виде таблицы (см. файл «Таблица взаимодействия неаллельных генов» в Личном кабинете).

3. Изучение нового материала

3.1. Решение задачи «Наследование окраски оперения у волнистых попугайчиков»: совместное чтение задачи, запись на доске обозначений аллелей по условию задачи и запись соответствия фенотипов генотипам (в решении задачи они приводятся, но имеет смысл записать вместе с учениками). После того как

запись сделана и все ученики согласно покивали, что все понятно, запись закрывается (на интерактивной доске – сворачивается конспект, на обычной доске – закрывается «крылом» доски), и один из учеников приглашается решить задачу «Фенотипы и расщепление у попугайчиков» (задание на классификацию, рис. 1). В этом задании нужно указать, какие фенотипы обусловлены какими сочетаниями аллелей, т.е. воспроизвести то, что было сделано перед этим, только в несколько иной форме.

После успешного самостоятельного (или с помощью других учеников) выполнения задания возвращаемся к решению задачи «Наследование окраски оперения у волнистых попугайчиков»: записывается схема скрещивания с решеткой Пеннета и расщепление по фенотипам (рис. 2). В данном случае отклонения от стандартного расщепления по фенотипам нет (9 зеленых : 3 желтых : 3 голубых : 1 белый), хотя взаимодействие неаллельных генов очевидно. Значит, это такой самостоятельный тип взаимодействия, не вызывающий отклонений от стандартного расщепления.

На этом этапе можно для проверки открыть решение задачи (не до конца) и проверить только заполнение решетки Пеннета.

Заполнение первой строки таблицы в тетради или шаблоне – см. табл. 1.

3.2. Решение задач на взаимодействие аллелей по типу эпистаза: доминантный эпистаз, задача «Масть лошадей» (задача имеет разобранное подробное решение), и рецессивный эпистаз, задачи «Цвет шерсти у кроликов» и «Фенотип по генотипу». Задачи решаются со-





















P		AAbb		x		aaBB	
							
		Жёлтый				Голубой	
Гаметы		AB				ab	
F ₁		AaBb		x		AaBb	
							
		Зелёный				Зелёный	
F ₂	Гаметы	AB	Ab	aB	ab		
	AB					Зелёный	
	Ab					Зелёный Жёлтый	
	aB					Зелёный Зелёный Голубой Голубой	
	ab					Зелёный Жёлтый Голубой Белый	

Рис. 2. Схема скрещивания к задаче

вместно с учениками, преимущественно с сильными. Запись на доске или в таблице-шаблоне описания указанных типов взаимодействия аллелей – см. табл. 2. Обращаем внимание на запись фенотипически неразличимых классов в скобках.

3.3. Изучение полимерного взаимодействия генов на примере пошагового решения задачи «Наследование окраски цветов у душистого горошка» (комплементарные гены), а также задач «Форма плода у тыквы» (полимерные гены) и «Форма стручка у пастушьей сумки» (однозначные гены).

Заполнение таблицы с этими примерами – см. табл. 3.

4. Работа с задачами

Распечатываются условия трех задач («Цвет шерсти у кроликов и взаимодействие генов» – попроще, «Цвет кожи у человека» – сложнее, «Ум и красота обезьян» – самая сложная), учащиеся решают их самостоятельно или парами, затем задачи проверяются пошагово с помощью пособия «Задачник по биологии, 8–11 классы», первые решившие получают оценки.

«Цвет шерсти у кроликов и взаимодействие генов»

При скрещивании купленных на областной селекционной станции чистопородных бело-

го кроля и черной крольчихи родились серые крольчата. Когда они выросли, Василий Васильевич скрестил их между собой и от четырех пар получил 32 крольчонка: 18 серых, 6 черных и 8 белых. Какой тип взаимодействия генов лучше объясняет полученное расщепление, чем неполное доминирование? Каковы генотипы прародителей – белого кроля и черной крольчихи?

(Напомним: цвет шерсти у кроликов обуславливают два неаллельных гена. Доминантный аллель первого гена **A** обуславливает наличие пигмента, рецессивный **a** – его отсутствие (белая окраска); распределение пигмента (при его наличии) зависит от второго гена: доминантный аллель **B** обуславливает неравномерное, зонное распределение пигмента и серую окраску (ее еще называют агути); рецессивный аллель **b** – сплошное распределение пигмента по волосу и черную окраску.)

«Цвет кожи у человека»

У человека цвет кожи определяется как минимум пятью парами неаллельных генов, доминантный аллель каждого из которых обеспечивает синтез определенного количества пигмента. Условно ограничимся моделью, в которой цвет кожи определяют два гена – **A₁** и **A₂**, причем цвет кожи зависит от количества аллелей: при наличии четырех доминантных аллелей кожа будет черная, трех – темная, двух – смуглая, одного – светлая; если оба гена представлены рецессивными аллелями – белая.

1. Какого цвета будет кожа у детей от брака, в котором один из родителей имеет черную кожу, а другой – белую?

2. Какое расщепление по фенотипу следует ожидать, если потомок смешанного брака (первая часть задачи) вступит в брак с человеком с таким же генотипом?

«Ум и красота обезьян»

В зоопарке была выведена порода умных и красивых обезьян. При скрещивании обезьян этой породы с обычными в первом поколении гибридов все обезьянки были самыми обычными. Когда они выросли, их скрестили между собой. Анализ очень большого количества гибридов второго поколения дал возможность установить соотношение фенотипов:

45 обычных : 15 красивых : 3 умных : 1 красивая и умная.

Проведите генетический анализ полученных результатов.

Какое соотношение фенотипов стоит ожидать при скрещивании особи дикого типа – гибрида первого поколения с красивой и умной обезьяной?

Таблица 1

Принятые названия типов взаимодействия генов	Характер взаимодействия	Расщепление в F_2 (по фенотипам)	Расщепление в F_2 (по генотипам). В скобках указаны фенотипически неразличимые классы	Пример
Взаимодействие генов, не вызывающее отклонения от типичного расщепления	Аллели генов A и B действуют на признак порозному, но не мешают проявлению друг друга	9 : 3 : 3 : 1	9 A-B- : 3 A-bb : 3 aaB- : 1 aabb	Окраска оперения у волнистого попугая

Таблица 2

Принятые названия типов взаимодействия генов	Характер взаимодействия	Расщепление в F_2 (по фенотипам)	Расщепление в F_2 (по генотипам). В скобках указаны фенотипически неразличимые классы	Пример
Доминантный эпистаз	Аллель A подавляет проявление аллелей B и b	12 : 3 : 1	(9 A-B- + 3 A-bb) : 3 aaB- : 1 aabb	Масть лошадей
Рецессивный эпистаз (криптомерия)	Аллель a подавляет проявление аллелей B и b	9 : 3 : 4	9 A-B- : 3 A-bb : (3 aaB- + 1 aabb)	Окраска волосяного покрова у грызунов

Таблица 3

Принятые названия типов взаимодействия генов	Характер взаимодействия	Расщепление в F_2 (по фенотипам)	Расщепление в F_2 (по генотипам). В скобках указаны фенотипически неразличимые классы	Пример
Комплементарные гены	Аллели A и B проявляются, только присутствуя вместе	9 : 7	9 A-B- : (3 A-bb + 3 aaB- + 1 aabb)	Цвет плодов у баклажана
Однозначные гены	Аллели A и B действуют на признак одинаково, но не суммируясь	15 : 1	(9 A-B- + 3 A-bb + 3 aaB-) : 1 aabb	Форма стручков у пастушьей сумки
Полимерные гены (полимерия)	Аллели A и B действуют на признак одинаково и суммируясь	9 : 6 : 1	9 A-B- : (3 A-bb + 3 aaB-) : 1 aabb	Форма плодов у фигурной тыквы

5. Закрепление знаний по изученной теме

Подведение итогов – сравнение заполненных таблиц 1–3 с таблицей из задания «Наследование окраски оперения у волнистых попугайчиков».

Решение (окончание)

Отклонения от типичного дигибридного расщепления в F_2 (по фенотипам), вызываемые взаимодействием неаллельных генов, представлены в таблице 4. При взаимодействии генов не происходит отклонения от стандартного расщепления (по закону независимого распределения Г. Менделя по генотипам), отличается только расщепление по фенотипам.

Совместное выполнение заданий

Тип неаллельного взаимодействия

Закончите фразу: «Способ взаимодействия неаллельных генов, в результате которого происходит подавление одного гена другим, не аллельным ему геном, а проявление в фенотипе подавляемого гена зависит от аллелей гена-ингибитора называется _____».

(*Ответ:* эпистаз.)

Определение типа взаимодействия

У некоторых птиц доминантный аллель одного гена определяет синтез активной формы фермента, который обеспечивает реакцию образования окрашенного пигмента, а доминантный аллель другого гена определяет синтез ингибитора этого фермента. Будут ли взаимодействовать эти гены, и если будут, то по какому типу?

- Не будут
- Будут по типу эпистаза
- Будут по типу комплементарности
- Будут по типу гетерозиса

Обсуждение вопроса: куда следует отнести первый тип взаимодействия аллелей (взаимодействие генов, не вызывающее отклонения от типичного расщепления) – к полимерии или к эпистазу?

6. Домашнее задание

Соответствующий параграф учебника по усмотрению учителя – индивидуальное выполнение распечатанных задач из пособия «Задачник по биологии, 8–11 классы» (пост-задачи к теме «Взаимодействие аллелей. Генотип как целостная система»).

Практическая работа – модельный эксперимент «Влияние факторов эволюции на генетическую структуру популяций», 11-й класс, профильный уровень

I. Тип урока: урок применения знаний, умений и навыков

II. Цели урока

Изучить в ходе модельного эксперимента действие факторов эволюции на генетическую структуру популяций.

Использовать знания, получаемые в ходе эксперимента, для объяснения процессов в реальной жизни (формирование естественнонаучной картины мира).

Формировать навыки решения биологических задач (генетическая структура популяций).

III. УУД

Познавательные УУД

Общеучебные:

– знаково-символические действия, включая моделирование (преобразование объекта из чувственной формы в модель, где выделены существенные характеристики объекта, и преобразование модели с целью выявления общих законов, определяющих данную предметную область);

– выбор наиболее эффективных способов решения задач в зависимости от конкретных условий.

Коммуникативные УУД

– планирование учебного сотрудничества с учителем и сверстниками (определение цели, функций участников, способов взаимодействия).

V. Кодификатор элементов содержания (КЭС)

6. Эволюция живой природы.

6.2. Синтетическая теория эволюции. Элементарные факторы эволюции.

V. Учебное оборудование

Компьютер с мультимедийным проектором. Интерактивный мультимедийный учебно-методический комплекс «Облако знаний». «Задачник по биологии, 8–11 классы» (локальная или облачная версия): раздел «Генетика популяций», тема «Популяционная генетика», типовые задачи «Генетическая структура популяций в особых случаях».

Шесть комплектов шашек² (50 черных и 50 белых в каждом) в матерчатых мешочках, 3 чер-

² Можно использовать любые одинаковые по размеру и на ощупь предметы двух цветов: фишки от настольных игр, кубики и даже квадратики со стороной 1,5–2 см, нарезанные из черного и белого картона.

Таблица 4

Принятые названия типов взаимодействия генов	Характер взаимодействия	Расщепление в F_2 (по фенотипам)	Расщепление в F_2 (по генотипам). В скобках указаны фенотипически неразличимые классы	Пример
Взаимодействие генов, не вызывающее отклонения от типичного расщепления	Аллели генов A и B действуют на признак порозному, но не мешают проявлению друг друга	9 : 3 : 3 : 1	9 A-B- : 3 A-bb : 3 aaB- : 1 aabb	Окраска оперения у волнистого попугая
Ген-подавитель (супрессия)	Аллели B и b не имеют заметного самостоятельного фенотипического проявления, но аллель b подавляет проявление аллеля a	13 : 3	(9 A-B- + 3 A-bb + 1 aabb) : 3 aaB-	Цвет глаз у дрозофилы
Доминантный эпистаз	Аллель A подавляет проявление аллелей B и b	12 : 3 : 1	(9 A-B- + 3 A-bb) : 3 aaB- : 1 aabb	Масть лошадей
Рецессивный эпистаз (криптомерия)	Аллель a подавляет проявление аллелей B и b	9 : 3 : 4	9 A-B- : 3 A-bb : (3 aaB- + 1 aabb)	Окраска волосяного покрова у мышей
Комплементарные гены	Аллели A и B проявляются, только присутствуя вместе	9 : 7	9 A-B- : (3 A-bb + 3 aaB- + 1 aabb)	Цвет плодов у баклажана
Однозначные гены	Аллели A и B действуют на признак одинаково, но не суммируясь	15 : 1	(9 A-B- + 3 A-bb + 3 aaB-) : 1 aabb	Форма стручков у пастушьей сумки
Полимерные гены (полимерия)	Аллели A и B действуют на признак одинаково и суммируясь	9 : 6 : 1	9 A-B- : (3 A-bb + 3 aaB-) : 1 aabb	Форма плодов у фигурной тыквы

ные и 3 белые скатерти (листа бумаги), желательно: цифровой фотоаппарат (камера планшетного компьютера).

VI. Структура урока

Краткий план занятия

Занятие рассчитано на один академический час в кабинете биологии с одним компьютером

и мультимедийным проектором; приветствуется наличие мобильных (планшетных) компьютеров у каждой группы, выполняющей работу.

1. Организационный момент – 2–3 мин.

2. Актуализация знаний о факторах эволюции в синтетической теории эволюции, их воздействии на генетическую структуру популяций – 5–7 мин.

3. Вводный инструктаж к практической работе – 3–5 мин.

4. Выполнение практической работы – 17–20 мин.
5. Освоение метода расчета приспособленности и коэффициента отбора – 7–8 мин.
6. Обобщение результатов практической работы (сбор данных по группам, совместное обсуждение) – 5–7 мин.
7. Итог урока, домашнее задание – 2–3 мин.

Подробный конспект занятия

1. Организационный момент. Пояснение цели урока, его места в изучаемой теме, особенностей проведения.

2. Актуализация знаний о факторах эволюции в синтетической теории эволюции, их воздействии на генетическую структуру популяций. Повторение теоретического материала, работа с заданиями из пособия «Задачник по биологии, 8–11 классы» (предзадачи раздела).

3. Вводный инструктаж к практической работе «Экспериментальное моделирование индустриального меланизма»

В работе при создании, представлении и решении задач по генетике популяций используются шашки двух цветов, где цвет обозначает тип аллеля. То, что организмы диплоидны и каждый организм несет два аллеля, обозначают шашки, положенные одна на другую. Моделируется полное доминирование одного аллеля над другим: в случае гетерозиготно-

го организма доминантный аллель кладется сверху на рецессивный. При взгляде сверху мы видим фенотипы (и можем посчитать частоты фенотипов). При взгляде сбоку мы видим все аллели и можем посчитать частоты аллелей (рис. 3).

При большом количестве шашек генетическую структуру популяций можно моделировать, вытаскивая, не глядя, пары аллелей из мешочка и рассчитывая потом характеристики популяции (частоты аллелей и фенотипов), а также проверяя, выполняется ли уравнение Харди–Вайнберга.

Пример задачи

Аллель черного цвета доминирует над аллелем белого цвета. Найдите частоты фенотипов и частоты аллелей в популяции.

Решение

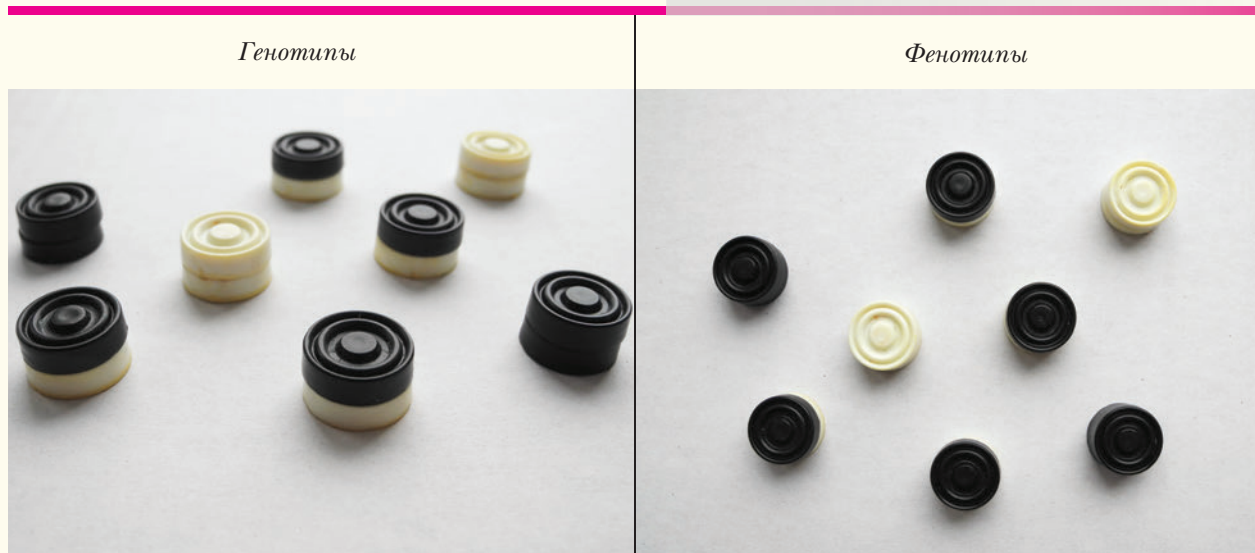
Фенотипы. Популяция состоит из 8 особей. Две из них белого цвета, частота фенотипа «белый» равна $2/8 = 0,25$. Частота фенотипа «черный» равна $6/8 = 0,75$. Сумма частот фенотипов равна 1 (проверка).

Генотипы. У 8 особей 16 аллелей. Подсчет числа черных шашек (доминантные аллели) дает 8. Частота доминантного аллеля $p = 8/16 = 0,5$. Аналогично частота рецессивного белого аллеля $q = 8/16 = 0,5$. Сумма частот аллелей равна $p + q = 1$.

Уравнение Харди–Вайнберга. Запишем уравнение для данных фенотипов:

$$p^2_{(\text{черн.})} + 2pq_{(\text{черн.})} + q^2_{(\text{бел.})} = 1$$

Рис. 3. Генотипы и фенотипы в модельном эксперименте



Подставим частоты аллелей, найденные выше, в уравнение и подсчитаем.

Частота фенотипа «черный» равна: $p^2_{(\text{черн.})} + 2pq_{(\text{черн.})} = (0,5)^2 + 2 \times 0,5 \times 0,5 = 0,75$, что соответствует найденному экспериментально значению. Частота фенотипа «белый» равна: $q^2_{(\text{бел.})} = (0,5)^2 = 0,25$, что также соответствует значению, найденному экспериментально.

Вывод: генетическая структура популяции соответствует идеальной популяции.

В качестве общего описания проблемы предлагается задача из пособия «Задачник по биологии, 8–11 класс» (раздел «Генетика популяций», тема «Популяционная генетика», типовые задачи «Генетическая структура популяций в особых случаях»).

«Индустриальный меланизм»

Явление индустриального меланизма изучено в Англии на бабочках *Biston betularia*. До середины XIX в. эти бабочки имели светло-серую окраску. Затем в промышленных районах, там, где стволы деревьев постепенно чернели от копоти и сажи из фабричных труб, начала встречаться темноокрашенная разновидность. В некоторых местностях темная разновидность почти полностью вытеснила светлую. Светло-серые бабочки гомозиготны по рецессивному аллелю (**dd**), а темные бабочки – это либо гетерозиготы (**Dd**), либо гомозиготы по доминантному аллелю (**DD**).

Вытеснение в промышленных районах светлой разновидности *Biston betularia* темной происходило благодаря избирательному истреблению бабочек питающимися ими птицами: на почерневшей от копоти коре деревьев светлые бабочки становятся слишком заметными, тогда как темные оказываются хорошо замаскированными. Кэттлуэл метил бабочек светлой и темной разновидностей, а затем повторно отлавливал их неподалеку от Бирмингема, в районе с очень развитой промышленностью. Он выпустил 154 темных бабочки и 64 светлых, среди повторно отловленных было 82 темных и 16 светлых бабочек.

Поскольку плодовитость обеих форм примерно одинакова, можно предположить, что их относительные приспособленности определяются исключительно различиями в выживаемости, обусловленными их неодинаковой уязвимостью для насекомоядных птиц.

Рассчитайте по этим данным приспособленность и давление отбора (коэффициент отбора), а также изменение частоты рецессивного аллеля Δq_d за одно поколение, если считать, что изначально частоты аллелей **D** и **d** были равны.

Для работы ученики делятся на шесть групп. Каждой группе выдается набор шашек в мешочке и скатерть определенного цвета: черная или белая. Требуемые величины будем рассчитывать не за одно поколение, а за три.

Общая для всех ситуация: ген имеет два аллеля, аллель черной окраски **D** доминирует над аллелем белой окраски **d**. У всех изначально одинаковое количество шашек (100 шт.), у всех групп частоты аллелей равны $p_D = q_d = 0,5$ (из 100 шашек 50 черных и 50 белых)³. Группам 1–3 выдается черная скатерть, группам 4–6 – белая.

4. Выполнение практической работы

1. Создается изначальная популяция: из мешка с шашками двух цветов их вытаскивают попарно, формируя особь (если шашки разных цветов, сверху кладется черная как доминирующий аллель). Подсчитывается частота фенотипов и частота аллелей (шаблон таблицы см. в Личном кабинете). По уравнению Харди–Вайнберга рассчитывается теоретически ожидаемая частота фенотипов, записывается вывод, соответствует реальная популяция расчетным значениям или нет (равновесна или нет).

2. Моделируется естественный отбор.

Отбирается 5 особей согласно таблице 5.

Таблица 5

	Черный фон (группы 1–3)	Белый фон (группы 4–6)
Группы 1 и 4	5 белых	5 черных
Группы 2 и 5	4 белых и 1 черный	4 черных и 1 белый
Группы 3 и 6	3 белых и 2 черных	3 черных и 2 белых

Черных особей отбирают с закрытыми глазами, чтобы среди отобранных были как гомозиготы по доминантному аллелю, так и гетерозиготы. Отобранные особи удаляются в отдельный ящик, оставшиеся помещаются в мешок и перемешиваются.

3. Формируется новая популяция. Подсчитывается частота фенотипов и частота аллелей. Рассчитывается теоретически ожидаемая частота фенотипов по уравнению Харди–Вайнберга, записывается вывод, соответствует реальная популяция расчетным значениям или нет (равновесна или нет).

³ При возможности можно варьировать также и исходные частоты аллелей, например увеличивая частоту аллеля **d**.

4. Повторяется отбор по тем же правилам: снова удаляются 5 особей.

5. Третья, последняя итерация. Формируется следующая популяция. Опять подсчитываются частоты аллелей и фенотипов, делается вывод о равновесности.

6. Повторяется отбор: по тем же правилам удаляется еще 5 особей.

7. Формируется итоговая популяция из 35 особей (70 аллелей). Подсчитывается частота фенотипов и частота аллелей. Проверяется на равновесность.

5. Освоение метода расчета приспособленности и коэффициента отбора (решение задач из «Задачника»).

Задача «Индустриальный меланизм»

Первые решившие награждаются бонусными баллами (группа или индивидуально). Если времени недостаточно, решение сразу выводится на экран (при наличии интерактивной доски решение можно выводить последовательно, используя для этого шторку, скрывающую часть страницы).

Решение

Приспособленность (w) – относительная доля выживших после отбора особей (относительно лучшей из фенотипических групп). Коэффициент отбора s – величина, показыва-

ющая снижение приспособленности генотипа или фенотипа:

$$s = 1 - w.$$

Коэффициент отбора s изменяется от 0 (признак имеет максимальную приспособленность, отбора нет) до 1 (особи с данным генотипом полностью уничтожаются). Данные сводятся в таблицу 6.

Примечание: последние три строки имеют теоретическое значение и для решения задачи не требуются. Но перед расчетом по формуле нужно не забыть перейти от относительной приспособленности к коэффициенту отбора:

$$s = 1 - w.$$

Изменение частоты рецессивного аллеля составляет (если частоты аллелей до отбора были равны):

$$\Delta q = \frac{-spq^2}{1 - sq^2} = \frac{-0,53 \times 0,50 \times 0,50^2}{0,8675} = -0,076.$$

Знак «минус» показывает, что частота аллеля уменьшилась.

6. Обобщение результатов практической работы (сбор данных по группам, совместное обсуждение)

Таблица 6

Генотип	DD	dd	Сумма	
Фенотип	Темная	Светлая		
Выпущено	154	64		
Отловлено	82	16		
Приспособленность	82 : 154 = 0,53	16 : 64 = 0,25		
Относительная приспособленность, w	0,53 : 0,53 = 1	0,25 : 0,53 = 0,47		
Относительная приспособленность, в общем виде	1	1	$1 - s$	
Частота генотипов до отбора	p^2	$2pq$	q^2	1
Частота генотипов после отбора (произведение)	p^2	$2pq$	$q^2(1 - s)$	$1 - sq^2$
Нормализованные частоты	$p^2 / (1 - sq^2)$	$2pq / (1 - sq^2)$	$q^2(1 - s) / (1 - sq^2)$	1

3	Основы генетики
3.1	Общие закономерности наследования
	Предзадачи
	Типовые задачи «Моногибридное скрещивание»
	Типовые задачи «Дигибридное и полигибридное скрещивание»
	Постзадачи
3.2	Взаимодействие аллелей. Генотип как целостная система
	Предзадачи
	Типовые задачи «Аллельные взаимодействия генов (полное, неполное, кодоминирование); множественный аллелизм»
	Типовые задачи «Неаллельные взаимодействия генов (эпистаз, полимерия)»
	Постзадачи
3.3	Сцепление генов
	Предзадачи
	Типовые задачи «Сцепленное наследование»
	Типовые задачи «Построение хромосомных карт»
	Постзадачи
3.4	Наследование, сцепленное с полом
	Предзадачи

Рис. 4. Часть оглавления пособия
«Задачник по биологии, 8–11 классы»

Определяется значение приспособленности и коэффициента отбора для каждой группы. В расчете используются исходные и конечные частоты фенотипов (т.к. отбор проводится именно по фенотипам). Сравняются результаты разных групп.

Результаты работы всех шести групп сводятся в таблицу (см. в Личном кабинете).

Общий вывод делается на основе ответов на следующие вопросы.

- Как изменяется значение приспособленности и коэффициента отбора «по вертикали» – для групп с одинаковым вектором отбора (цветом фона)?
- Как изменяется значение приспособленности и коэффициента отбора «по горизонтали» – для групп с одинаковым давлением отбора (цветом фона)?
- Как лучшим образом представить данные, полученные в ходе работы?

7. Итог урока, домашнее задание

Данную методику можно использовать, при незначительном варьировании условий и методов, для моделирования:

- разные формы отбора: отбор против рецессивного фенотипа, отбор против доминантного фенотипа, отбор в пользу гетерозигот (против обоих гомозигот);
- дрейфа генов в маленькой популяции;
- миграции (иммиграции, эмиграции); эффекта основателя. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Pongsophon P., Roadrangka V., Campbell A. Counting Buttons: demonstrating the Hardy-Weinberg principle // Science in School, № 6, осень 2007 г., режим доступа: <http://www.scienceinschool.org/2007/issue6/hardy-weinberg> (англ.).
2. Козленко А.Г. От интерактивной модели к уроку-исследованию // Биология. Первое сентября, 2013. № 5. – С. 20–26.
3. Комарова О. Модельні експерименти під час вивчення закону Харді-Вайнберга // Біологія і хімія в сучасній школі, 2013. № 4, С. 19–25, № 6, С. 25–31 (укр.).