

Место генетических знаний и умений в системе общего образования и контроль их усвоения

**Рохлов
Валерьян Сергеевич**

кандидат педагогических наук,
ведущий научный сотрудник ФГБНУ «ФИПИ»,
руководитель комиссии по разработке КИМ для ГИА
по биологии,
rohlov@fipi.ru

**Петросова
Рената Арминаковна**

кандидат педагогических наук,
профессор кафедры естественнонаучного образования и
коммуникативных технологий ФГБОУ ВО МПГУ,
заместитель руководителя комиссии по разработке КИМ
для ГИА по биологии,
renatapetr@yandex.ru

Ключевые слова: генетика, программа, внеклассная работа, факультатив, внеурочная работа, кружок, стандарты образования.

В целях исполнения поручений Президента и Правительства Российской Федерации, на предмет проведения анализа и прогнозирования (на период до 2030 года) потребности в кадрах, обладающих современными знаниями и навыками (включая научных и научно-педагогических работников) в области разработки и применения генетических технологий, в том числе в области технологий геномного редактирования, и подготовки аналитического доклада о текущем состоянии системы подготовки кадров в области генетики, был проведён содержательный анализ ряда нормативных документов, а также некоторых рабочих программ и учебников биологии, используемых в учебном процессе за основное общее и среднее общее образование.

Место генетики среди биологических наук и особый интерес к ней определяются тем, что она изучает основные свойства организмов, а именно наследственность и изменчивость. Особенно актуальны в современном обществе такие проблемы как расшифровка генома, управление онтогенезом, коррекция генотипа при генетических заболеваниях, клонирование высших животных, генетическая безопасность человека, искусственных и естественных экосистем и многие другие. Учащиеся должны разбираться в них, чтобы ориентироваться в потоке информации и иметь возможность выбрать род своей будущей профессиональной деятельности. Кроме того, для современного человека, независимо от выбранной им профессии, интересно получить ответы на многие вопросы: наследственные болезни и их причины; лечение и возможность предсказания наследственных болезней, биологическое и социальное в человеке; возможности наследования способностей и создание «сверхчеловека»; роль наследственности в развитии личности. Без сомнения учащихся, как полноправных членов современного общества, волнуют и особенно остро стоящие этические проблемы генетики: геновая инженерия, генетика пола и его коррекция, пересадка органов, клонирование, наследственность и социальное поведение.

Вопросы генетики в программу учебного предмета «Биология» в раздел «Общая биология» были впервые введены в 1964 г. Одновременно был разработан понятийный аппарат современной теоретической биологии включавшим научные основы содержания таких тем, как «Эволюционное учение», «Основы цитологии», «Основы генетики и селекции», «Основы экологии» и «Учение о биосфере».

В теме «Основы генетики и селекции» авторами программы был определён понятийный аппарат, выделены теоретические и эмпирические термины и понятия, определена последовательность их изучения. Следует отметить, что предложенная в программе логика изложения содержания раздела сохранилась почти в неизменном виде до настоящего времени.

В 1966 г. под утверждённую программу был написан совершенно новый учебник биологии, в котором отсутствовали ошибочные научные представления, сформулированные Т.Д. Лысенко и его школой. В его создании приняли участие ведущие методисты-биологи: Н.М. Верзилин, В.М. Корсунская, и известные учёные-биологи Ю.И. Полянский, К.М. Суханова, А.Д. Браун, А.С. Данилевский¹.

В учебнике удалось отразить современный на тот момент уровень раздела «Клетка и индивидуальное развитие организмов» и подробно изложить «Основы генетики и селекции». Авторам удалось на высоком методическом уровне решить два наиболее сложных дидактических принципа — научности с одной стороны и доступности с другой. Структура представления материала, последовательность изложения и его содержание оказались настолько удачными, что практически не изменились в учебном литературе по настоящее время. Это был широкий по охвату и глубокий по содержанию научно-педагогический прорыв в области методики преподавания биологии. Он стал возможным благодаря тесному взаимодействию учёных биологов и методистов предметников. Всего за несколько лет педагогическими вузами страны и региональными институтами усовершенствования учителей была проделана

огромная работа по переподготовке десятков тысяч учителей биологии, что обеспечило быстрый переход на новую учебную программу.

К концу 1980-х годов сложилась линейная структура учебного предмета биологии², где изучение раздела «Общая биология» предполагалось в течение 2 лет. В IX(X) 1 час в неделю и X(XI) 1,5 часа в неделю. Причём, вопросы генетики и селекции в ней рассматривались очень подробно. Так, на изучение основ генетики в программе отводилось 12 часов учебного времени, а основ селекции — 6 часов. Помимо традиционных понятий, в программе предлагалось рассмотреть роль генетики в эволюционном процессе. Например, «Генетика и теория эволюции. Генетика популяций. Использование ЭВМ в биологических исследованиях»³.

Одновременно с базовым курсом, Министерством Просвещения СССР уделялось пристальное внимание вопросам углублённого изучения биологии⁴. В программе углубленного курса биологии на изучение основ генетики отводилось уже 24 час учебного времени, а селекции растений, животных и микроорганизмов — 17⁵. Чтобы понять содержательную глубину предложенной к изучению программы приведём её фрагмент:

«Проблема связи между генами и признаками. Воплощение генетической информации в структуре белков. Генетический контроль метаболизма и морфогенеза. Взаимодействие и множественное действие генов. Значение этих явлений для эволюции».

Одновременно с совершенствованием классно-урочной системы биологического образования в стране активно развивалась внеклассная (например, кружок) и внеурочная формы обучения.

¹ Полянский Ю.А. и др. Общая биология 10 кл. — М.: «Просвещение», 1966.

² Типовая программа для средней (полной) школы. Министерства образования Российской Федерации. — М.: Просвещение 1983.

³ Биология в школе: Сб. норм. Документов. — М.: Просвещение, 1987.

⁴ Об утверждении Типового положения о школах (классах) с углублённым теоретическим и практическим изучением учебных предметов Приказ Министерства Просвещения СССР № 21 16.01.86

⁵ Биология в школе: Сб. норм. Документов. — М.: Просвещение, 1987.

Кружковая работа по биологии в СССР всегда занимала ведущее место среди других форм обучения. Её целью являлось расширение общих и углубление специальных знаний учащихся, удовлетворения их индивидуальных интересов и склонностей, развития творческих способностей, а также организация их досуга. Кружковая работа содействовала приобщению учащихся к посильному общественно полезному труду и служила средством профессиональной ориентации учащихся.

По курсу биологии учёными биологами и методистами предметниками были разработаны многочисленные программы кружковой работы с разной тематикой, направленностью, продолжительностью и глубиной погружения в содержание. Так, программа кружка по генетике «Кружок по молекулярной генетике» был рассчитан на 3 года систематического обучения (576 ч) и включал тематический план с подробным содержанием, списком практических работ, литературы, перечнем рефератов и докладов⁶.

В качестве примера приведём фрагмент содержания программы кружка:

«Взаимодействие генов. Сцепленное наследование и рекомбинация. Типы взаимодействия генов. Комплементарное действие генов. Эпистатическое действие генов. Полимерия. Модифицирующее действие генов».

К традиционным внеклассным формам обучения следует добавить систему факультативных курсов⁷. По мнению методистов биологов «Факультативные занятия имеют целью углубление общеобразовательных занятий и трудовой политехнической подготовки, а также развитие разносторонних интересов и способностей учащихся VIII–X классов». Такая форма обучения предлагала учащимся одночасовые или двухчасовые годовые курсы по актуальным проблемам современной биологии.

В последующие несколько лет был разработан пул программ факультативных (элективных) курсов и опубликованы учеб-

ные пособия по их организации⁸. В пособии, в частности по генетике, предлагались следующие факультативные курсы «Молекулярная биология» (34 ч), «Основы генетики и селекции» (68 ч) и «Основы биотехнологии» (34 ч.). Главной особенностью такой формы внеклассного обучения была большая практическая направленность. Учащимся предлагалось освоить не только теоретические вопросы в рамках факультатива, но и проверять некоторые из них на лабораторных и практических занятиях в процессе постановки опытов с плодовой мушкой дрозофилой.

Можно утверждать, что на этом этапе развития методики обучения биологии было достигнуто содержательное равновесие между современной генетикой, как одной из фундаментальных биологических наук и технологией внедрения её содержания в систему среднего образования. Данный тезис подтверждается тем фактом, что СССР на начальном этапе активно включился в международный научно-исследовательский проект «Проект «Человеческий Геном»», т.е. можно утверждать, что генетическая школа советских учёных смогла по ряду позиций к 1990-м годам восстановить свой кадровый потенциал. Подобное стало возможным и благодаря той реформе биологического образования, которая была начата в 1960-е годы.

Однако в последующие годы, по ряду социально-политическим причинам, все эти колоссальные интеллектуальные наработки советской школы оказались невостребованными. Кружковые занятия и факультативные курсы были сведены до минимума, практические занятия исчезли из содержания, сохранилось частично только теоретическое содержание.

В 1990-е годы в школах Российской Федерации утверждается Обязательный минимум содержания и требования к уровню биологической подготовки выпускников средней (полной) школы⁹. В тексте приказа впервые официально сформулированы требования к обучающимся гуманитарного

⁶ Программы для внешкольных учреждений общеобразовательных школ. Исследователи природы. — М.: «Просвещение», 1983 г.

⁷ Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 10.11.1966 г. № 874 «О мерах дальнейшего улучшения работы средней общеобразовательной школы».

⁸ Методика преподавания факультативных курсов по биологии / А.Г. Хрипкова, Г.Г. Манке, Р.Д. Маш — М.: Просвещение, 1981.

⁹ Приказ Минобразования России от 30.06.1999 № 56 «Об утверждении обязательного минимума содержания среднего (полного) общего образования».

и естественного профилей, причём, последний предполагал углублённое изучение раздела общая биология.

В 2004 г. в обязательном минимуме содержания основных образовательных программ (базовый и профильный уровень) Федерального компонента государственного стандарта среднего (полного) общего образования, базовый и профильный уровни¹⁰ раздел, посвящённый генетике, селекции и биотехнологии, рассматривался в более широком содержательном блоке «Организм». Кроме того, в этом стандарте впервые была предложена концентрическая системы биологического образования (в СССР курс биологии всегда был линейным).

При построении концентрической системы биологического образования содержание раздела «Общая биология» в усечённом виде механически было перенесено в IX класс основной школы. Для этого многие разделы дисциплины, в том числе и раздел «Основы генетики», были существенно сокращены и давались в ознакомительном плане. Однако, как показал десятилетний опыт, механическое перенесение сложного теоретического материала из X–XI класса в основную школу оказалось педагогически нецелесообразным. Содержание с трудом воспринималось учащимися IX классов, основные биологические законы, теории, закономерности не усваивались совсем или усваивались фрагментарно, без нужного осмысления. Многие теоретические вопросы генетики с трудом воспринимались, учащиеся не понимали закономерностей наследственности, но при этом они формально должны были решать простые генетические задачи. Кроме того, в X–XI классе это же содержание, но в слегка расширенном варианте, а иногда и в том же объёме, рассматривалось вновь. Такое повторение учебного материала существенно снижало интерес учащихся к биологии в X–XI классе.

Поэлементный анализ содержания типовой программы для средней (полной) школы 1980-х годов и обязательного минимума содержания федерального компо-

нента государственного стандарта среднего (полного) общего образования (базовый уровень) 2004 года позволяет утверждать о серьёзном сокращении перечня понятий, выносимых на обязательное усвоение. В частности, в обязательном минимуме содержания основных образовательных программ отсутствуют следующие понятия: сцепленное наследование признаков (закон Моргана), нарушение сцепления генов, цитологические основы законов наследования, закон гомологических рядов в наследственной изменчивости Н.И. Вавилова и ряд других. В ознакомительном плане в федеральном компоненте приводится хромосомная теория наследственности Г. Моргана и учение Н.И. Вавилова. Такая фрагментация генетического содержания на базовом уровне не позволяет сформировать у обучающихся системных представлений о наследственности и изменчивости.

Анализ содержания раздела генетики на углублённом уровне в федеральном компоненте государственного стандарта среднего (полного) общего образования (профильный уровень) по ряду позиций существенно превышает содержание обязательного минимума базового уровня. В тоже время сравнение содержания раздела «Основы генетики» в программах общеобразовательной школы 1981 г. и в обязательном минимуме содержания основных образовательных программ 2004 г. (профильный уровень) показал существенное совпадение. В качестве примера приведём для сравнения фрагменты двух программ (см. табл. 1).

Учитывая потребности гражданского общества и современный уровень развития науки раздел «Генетика. Селекция. Биотехнология» в рабочих программах по биологии профильного уровня рассматривается достаточно широко и обязательно включает в себя содержание научных разработок и современных открытий: расшифровка структуры генома человека, создание банков генов, создание методов диагностики и лечения генетических болезней, вирусных заболеваний; создание новых биотехнологий производства пищевых продуктов и разнообразных биологически активных соединений; изучение молекулярных основ эволюции и т.д.

¹⁰ Федеральный компонент государственного стандарта общего образования. Часть II / Среднее (полное) общее образование. / Министерство образования Российской Федерации. — М. 2004.

Таблица 1

Программа среднего образования (фрагмент единой программы 1981 г.)	Обязательный минимум содержания основных образовательных программ 2004 г. (профильный уровень)
Предмет, задачи и методы генетики. Моно- и дигибридное скрещивание. Законы наследственности, установленные Г. Менделем. Доминантные и рецессивные признаки. Аллельные гены. Фенотип и генотип. Гомозигота и гетерозигота. Единообразие первого поколения. Промежуточный характер наследования. Закон расщепления признаков. Статистический характер расщепления признаков. Цитологические основы единообразия первого поколения и расщепления признаков во втором поколении. Закон независимого наследования и его цитологические основы. Сцепленное наследование. Нарушение сцепления. Перекрест хромосом. Генетика пола. Генотип как целостная исторически сложившаяся система	Предмет, задачи и методы генетики. Закономерности наследственности, установленные Г. Менделем, их цитологические основы (моно- и дигибридное скрещивание). Доминантные и рецессивные признаки. Аллельные гены. Фенотип и генотип. Гомозигота и гетерозигота. Законы Т. Моргана: сцепленное наследование признаков, нарушение сцепления генов. Генетика пола. Наследование признаков, сцепленных с полом. Взаимодействие генов. Генотип как целостная система. Генетика человека. Методы изучения генетики человека. Решение генетических задач. Составление схем скрещивания

Анализ содержания рабочих программ по биологии для общеобразовательной школы, а также для классов и школ с углублённым изучением предмета показал, что они ориентируют учителя на ознакомление учащихся с методами генетических исследований, на раскрытие перед учащимися сущности и логики научного поиска. Однако рекомендуемое число лабораторных занятий по генетике в этих программах незначительно. Изучать основы генетики, селекции и биотехнологии предлагается преимущественно в теоретическом плане, что снижает возможность включения учащихся в активную, творческую деятельность, обеспечивающую высокий уровень усвоения знаний, формирование и развитие исследовательских умений и навыков учащихся. Практическая направленность раздела «Генетика. Селекция. Биотехнология» в курсе биологии X–XI класса сводится к выполнению 2–3 лабораторных работ, причём одна две из них приходится на решение задач по генетике, которые

с трудом можно назвать лабораторными работами.

Обязательный минимум содержания основных образовательных программ 2004 г. и требования к уровню подготовке обучающихся по данному разделу, позволили определить место раздела «Генетика. Селекция. Биотехнология» в действующих контрольных измерительных материалах (КИМ), предлагаемых в ЕГЭ, типы заданий для их проверки, а также уровень сложности.

Включение в КИМ содержания раздела «Генетика. Селекция. Биотехнология» определяется обобщённым планом сборки, представленным в спецификации.

В модели КИМ ЕГЭ 2021 (данная модель существует с 2017 года) задания проверяющие знания и умения по разделу «Генетика. Селекция. Биотехнология» представлены в нескольких линиях (см. табл. 2).

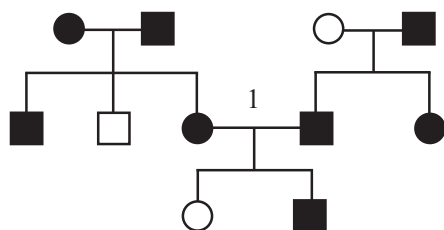
Рассмотрим примеры заданий, в которых обязательно проверяется содержание

Таблица 2

Структура КИМ ЕГЭ	Линии, обязательно содержащие задания по разделу «Генетика. Селекция. Биотехнология»	Линии, в которых возможны задания по разделу «Генетика. Селекция. Биотехнология»
Часть 1	6, 7, 8,	1, 2, 19, 20
Часть 2	28	22, 24

Пример заданий линии 6

По изображённой на рисунке родословной определите вероятность (в процентах) рождения в браке, отмеченном цифрой 1, ребёнка с признаком, проявившимся при полном его доминировании. Ответ запишите в виде числа.



Условные обозначения:

○ – женщина

□ – мужчина

○ — □ – брак

□ – дети одного брака

■ ● – проявление признака

Ответ: _____ %

раздела «Генетика. Селекция. Биотехнология». Данные задания нацелены в первую очередь на проверку у участников экзамена знания терминологии, закономерностей наследственности и изменчивости, методов селекции и биотехнологии, умения решать генетические задачи разного уровня сложности (составлять схемы скрещивания).

Задания линии 6 являются заданиями базового уровня сложности с кратким ответом. В среднем, такие задания выполняют 64–67% участников ЕГЭ, что соответствует заявленному уровню сложности.

Задания линии 7 и 8 являются заданиями повышенного уровня сложности. Их выполнение варьирует от 35% до 70%. Задания линии 7 — задания на множественный выбор. В среднем выполняют 62% участников ЕГЭ.

Задания линии 8 — задания на соответствие, повышенного уровня сложности.

В среднем, такие задания выполняют 57,4% (2020) и 48,8% (2019) участников ЕГЭ.

Задания линии 28 представляют собой задания высокого уровня сложности с развёрнутым ответом. Выполнение таких заданий требует от учащихся глубокого понимания основ генетики, её законов и закономерностей, умений не только составлять схемы скрещивания и определять генотипы родителей и потомства, но и анализировать полученные результаты и делать выводы, прогнозировать вероятность проявления признака у потомков. В среднем, задания этой линии выполняют 23,7% (2020 г) и 33,2% (2019) участников ЕГЭ, что позволяет утверждать о высоком уровне теоретической подготовки выпускников и их обученности умению использовать свои знания в конкретных практических ситуациях.

Акцент на проверку раздела «Генетика. Селекция. Биотехнология» с помощью генетических задач оправдан, так как

Пример задания линии 7

Все приведённые ниже методы, кроме двух, используют в биотехнологии. Определите два метода, «выпадающих» из общего списка, и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.

- 1) метод культуры клеток
- 2) испытание производителей по потомству
- 3) соматическая гибридизация
- 4) межвидовая гибридизация
- 5) метод рекомбинантных плазмид

Ответ:

--	--

Примеры заданий линии 8

Установите соответствие между примерами и видами изменчивости: к каждой позиции, данной в первом столбце, подберите соответствующую позицию из второго столбца.

ПРИМЕРЫ**ВИДЫ ИЗМЕНЧИВОСТИ**

- А) различное количество зубчиков на листьях одной берёзы
 Б) рождение щенка-гемофилика у здоровых особей
 В) рождение резус-отрицательного ребёнка у резус-положительных родителей
 Г) появление белоглазого потомства у красноглазых дрозофил
 Д) снижение яйценоскости кур при недостаточном питании

- 1) фенотипическая
 2) генотипическая

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:	А	Б	В	Г	Д

позволяет одновременно проверять как теоретическую базу генетики (её понятийный аппарат), так и умение пользоваться этим аппаратом для решения практических задач разной степени сложности.

В остальных линиях КИМ ЕГЭ вероятность встречаемости заданий по данной тематике незначительна. В этой связи можно говорить только об отдельных заданиях на генетическую тематику наряду с другими, не имеющими отношения к рассматриваемой проблеме.

Модернизация содержания образования предполагает усиление практической ориентации и инструментальной на-

правленности среднего (полного) общего образования. Это означает достижение оптимального сочетания фундаментальных и практических знаний, направленность образовательного процесса не только на усвоение знаний, но и на развитие мыслительной деятельности учащихся, выработку у них практических умений, использование теоретических знаний в повседневной жизни. Усиления практической направленности биологического образования может осуществляться за счёт целенаправленной, системной организации учебно-исследовательской работы учащихся, обеспечивающей единство

Пример заданий линии 28

У человека между аллелями генов куриной слепоты (ночная слепота) и дальтонизма (красно-зелёного) происходит кроссинговер.

Женщина, не имеющая этих заболеваний, у матери которой был дальтонизм, а у отца — куриная слепота, вышла замуж за мужчину, не имеющего этих заболеваний. Родившаяся в этом браке монозиготная здоровая дочь вышла замуж за мужчину, не имеющего этих заболеваний. В их семье родился ребёнок-дальтоник. Составьте схемы решения задачи. Укажите генотипы, фенотипы родителей и генотипы, фенотипы, пол возможного потомства в двух браках. Возможно ли в первом браке рождение больного этими заболеваниями ребёнка? Ответ поясните.

Пример задания линии 2

Рассмотрите таблицу «Методы биологических исследований». Запишите в ответе пропущенный термин, обозначенный в таблице вопросительным знаком.

Частнонаучный метод	Применение метода
Палеонтологический	Составление филогенетических рядов организмов
?	Установление наследования дальтонизма в семье человека в ряду поколений

Ответ: _____

Пример задания линии 22

Анализ результатов нарушения сцепленного наследования генов позволяет определить последовательность расположения генов в хромосоме и составить генетические карты. Результаты многочисленных скрещиваний мух дрозофил показали, что частота нарушения сцепления между генами А и В составляет 5%, между генами А и С — 11%, между генами С и В — 6%. Перерисуйте предложенную схему хромосомы на лист ответа, отметьте на ней взаимное расположение генов А, В, С и укажите расстояние между ними. Какое положение хромосомной теории наследственности определяет принцип расположения генов на хромосоме?

Пример задания линии 24

Найдите три ошибки в приведённом тексте «Расшифровка генетического кода». Укажите номера предложений, в которых сделаны ошибки, исправьте их. Дайте правильную формулировку.

(1) Генетическая информация, содержащаяся в ДНК и в иРНК, заключена в последовательности расположения нуклеотидов в молекулах. (2) Генетический код обладает определёнными свойствами. (3) Было установлено, что генетический код триплетён, то есть в состав нуклеотида входит три составляющие: азотистое основание, дезоксирибоза и остаток фосфорной кислоты. (4) Генетический код универсален; это значит, что каждый триплет кодирует только одну аминокислоту. (5) Внутри гена триплеты следуют один за другим без пропусков и перекрывания. (6) Существует один бессмысленный триплет — стоп-кодон, который заканчивает синтез белка и не соответствует ни одной аминокислоте. (7) Расшифровка генетического кода — важнейшее открытие XX века.

теории и практики в обучении, формирование и развитие общеучебных и исследовательских умений учащихся.

Учебно-исследовательская работа концентрирует в себе активную познавательную и профессиональную компоненту (владение методами научного познания, умение выдвигать и проверять гипотезы, формулировать цели исследования), моделирует новые социальные взаимодействия и иерархии, иные поведенческие ситуации, что обеспечивает более успешную социализацию подрастающего поколения, тем самым выполняет социальную функцию современного образования. Выдвижение в качестве ведущей образовательной задачи формирование определённых видов деятельности позволяет перенести их в будущую учебную и профессиональную деятельность.

В нормативных документах стандарта ФГОС ООО и ФГОС СОО в части требований к предметным результатам освоения базового и углублённого уровней курса биологии игнорируется упоминание о генетике. Это, несомненно, входит в противоречие с современным развитием фундаментальной биологии (генетики) с одной стороны и системой образованием с другой. Дидактический опыт прошлых успехов и неудач, требует

обязательного его устранения через детализацию и уточнение важнейших предметных дефиниций.

В примерной основной образовательной программе среднего общего образования, одобренной решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию, составленной на базе ФГОС СОО (углублённый уровень) раздел, посвящённый генетике, селекции и биотехнологии включён в раздел «Организм» и представлен следующим понятийным аппаратом:

...История возникновения и развития генетики, методы генетики. Генетические терминология и символика. Генотип и фенотип. Вероятностный характер законов генетики.

Законы наследственности Г. Менделя и условия их выполнения. Цитологические основы закономерностей наследования. Анализирующее скрещивание.

Хромосомная теория наследственности. Сцепленное наследование, кроссинговер. Определение пола. Сцепленное с полом наследование. Взаимодействие аллельных и неаллельных генов. Генетические основы индивидуального развития. Генетическое картирование.

Генетика человека, методы изучения генетики человека. Репродуктивное здоровье

человека. Наследственные заболевания человека, их предупреждение. Значение генетики для медицины, этические аспекты в области медицинской генетики. Генотип и среда.

Ненаследственная изменчивость. Норма реакции признака. Вариационный ряд и вариационная кривая. Наследственная изменчивость. Виды наследственной изменчивости. Комбинативная изменчивость, её источники.

Мутации, виды мутаций. Мутагены, их влияние на организмы. Мутации как причина онкологических заболеваний. Внеядерная наследственность и изменчивость. Эпигенетика.

Доместикация и селекция. Центры одомашнивания животных и центры происхождения культурных растений.

Методы селекции, их генетические основы. Искусственный отбор. Ускорение и повышение точности отбора с помощью современных методов генетики и биотехнологии. Гетерозис и его использование в селекции.

Расширение генетического разнообразия селекционного материала: полиплоидия, отдалённая гибридизация, экспериментальный мутагенез, клеточная инженерия, хромосомная инженерия, геновая инженерия. Биобезопасность.

В требованиях к уровню подготовки выпускников по биологии (углублённый уровень) за среднее общее образование федерального компонента государственного стандарта по разделу «Генетика. Селекция. Биотехнология», в частности, отмечается, что обучающийся должен

«Знать и понимать:

— методы научного познания; основные положения биологических законов, правил, теорий, закономерностей, гипотез;

— основные положения биологических теорий (...; хромосомная, ...)

— сущность законов (Г. Менделя, сцепленного наследования Т. Моргана, гомологических рядов в наследственной изменчивости, ...);

— сущность закономерностей (изменчивости; сцепленного наследования;

— наследования, сцепленного с полом; взаимодействия генов и их цитологических основ); правил (доминирования Г. Менделя, ...);

— сущность гипотез (чистоты гамет, происхождения жизни, происхождения человека);

— строение и признаки биологических объектов: — генов, хромосом, гамет;

— сущность биологических процессов и явлений:

— взаимодействие генов; получение гетерозиса, полиплоидов, отдалённых гибридов; действие искусственного отбора;

— современную биологическую терминологию и символику по ..., генетике, селекции, биотехнологии,

Уметь:

— объяснять причины наследственных и ненаследственных изменений, наследственных заболеваний, генных и хромосомных мутаций;

— решать задачи разной сложности по цитологии, генетике (составлять схемы скрещивания).

Комиссией по разработке перспективной модели КИМ ЕГЭ учитываются требования к уровню подготовки выпускников по разделу «Генетика. Селекция. Биотехнология». В проект демонстрационного КИМ ЕГЭ 2022 года наряду с традиционными моделями и сюжетами включены новые формы заданий.

По мнению разработчиков данные задания будут способствовать совершенствованию качества проверки знаний и умений выпускников по разделу «Генетика. Селекция. Биотехнология».

На основании вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. К 80-м годам XX столетия в методике биологии была создана стройная разноплановая система обучения биологии и, в частности, изучения темы «Генетика и селекция». Учащиеся могли освоить её содержание как в рамках типовой программы по биологии, так и углублённо. Причём последнее было возможно, как на уроке, так во внеурочное и внеклассное время.

2. У учителя биологии был весь необходимый инструментарий (учебно-методический комплект УМК и оборудование) по удовлетворению разнообразных познавательных интересов учащихся. В школах с углублённым изучением биологии

Пример задания линии 3

Частота мутаций у кишечной палочки в среднем составляет $2 \cdot 10^{-2}$ на геном за поколение. Какое количество поколений прошло с того момента, как две линии кишечной палочки эволюционно разошлись, если они накопили 13 точечных отличий в последовательности ДНК? В ответе запишите только количество поколений.

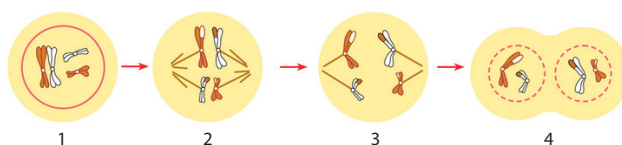
Ответ: _____.

Пример задания линии 4 (фрагмент)

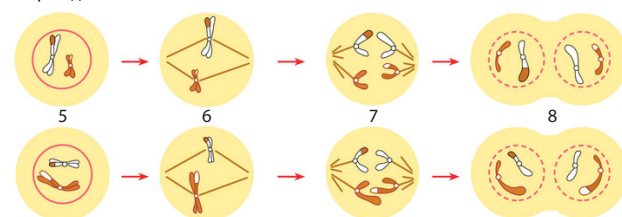
Рассмотрите схему и выполните задания 4 и 5.

Каким номером обозначена фаза мейоза, нарушение механизмов которой может привести к появлению синдрома Дауна?

Первое деление мейоза



Второе деление мейоза

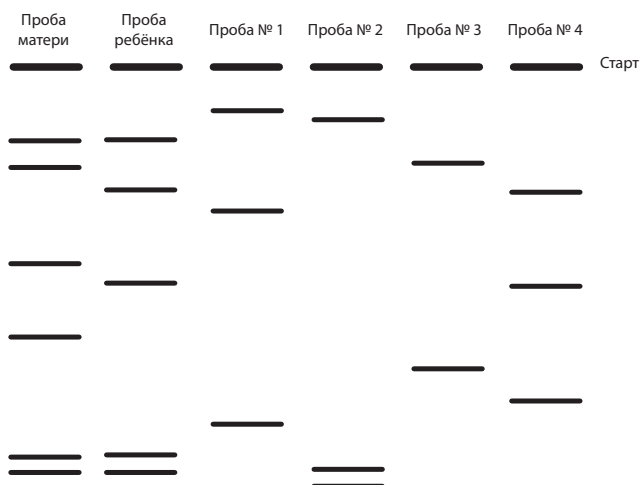


Ответ: _____.

Пример задания линии 26

При обучении криминалистов для симуляции проведения теста на отцовство была выделена ДНК из крови отца, матери, ребёнка и ещё трёх мужчин. Были получены ДНК-фрагменты полиморфных участков генома (участков, по которым часто имеются отличия между людьми). Затем полученные фрагменты были разделены электрофорезом в агарозном геле. Результаты электрофореза представлены на рисунке.

Определите, в какой из проб находится ДНК отца ребёнка. Объясните, как Вы это определили.



Ответ: _____.

и внешкольных образовательных учреждений широко использовался лабораторный практикум, где учащиеся проводили скрещивание плодовой мушки дрозофилы, изучали закономерности наследственности на практике.

3. В советской системе образования вся имевшаяся вариативность была построена на базе единой типовой программы и включала кружковые занятия, факультативные занятия, практические (лабораторные) занятия по генетике. Это давало возможность сохранить не только единство биологического образования в стране, но и эффективно оснащать школы необходимыми средствами обучения.

4. В настоящее время содержательная часть раздела «Генетика. Селекция. Биотехнология» и требования к уровню подготовки подробно представлены в Федеральном компоненте государственного образовательного стандарта общего образования (базовый и профильный уровни), однако полностью игнорируется в требованиях ФГОС СОО (базовый и углублённый уровни). Изучение этого раздела имеет, в основном, теоретическую направлен-

ность. Практическая часть сводится к решению генетических задач и выполнению 1–2 лабораторных работ.

6. Анализ контрольных измерительных материалов для ЕГЭ по биологии позволяет утверждать, что раздел «Генетика. Селекция. Биотехнология» достаточно широко представлен в вариантах. Для проверки освоения этого раздела в КИМ ЕГЭ выделяются как целые линии (6, 7, 8 и 28), так и отдельные задания, проверяющие знания и умения участников аттестационной процедуры.

7. Результаты выполнения заданий по разделу «Генетика. Селекция. Биотехнология» убеждают в том, что большинство участников ЕГЭ, прошедших подготовку в профильных классах, справляются с этими заданиями, показывая результаты, соответствующие заявленным требованиям.

8. В новой модели КИМ ЕГЭ-2022 раздел «Генетика. Селекция. Биотехнология» будет широко представлен как традиционными и хорошо себя зарекомендовавшими заданиями, так новыми моделями заданий.