

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение

«Средняя школа № 12»

РАССМОТРЕНО

МО учителей естественно науч-
ного цикла

МБОУ «СШ №12»

_____ Репина А.Б.

протокол № _____

от «09» июня 2023г.

СОГЛАСОВАНО

Методическим советом

МБОУ «СШ №12»

_____ Е.П. Яковлева

протокол № 1

от «25» августа 2023г.

УТВЕРЖДЕНО

Педагогическим советом

МБОУ «СШ №12»

_____ О.А. Лещинская

приказ № 1117/01-13

от «29» августа 2023г.

Копия верна

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
«БИОЛОГИЯ. ГЕНЕТИКА»

для обучающихся 11 класса

на 2023-2024 учебный год

Автор-составитель:
Быкова Светлана Семеновна,
учитель биологии
высшей квалификационной категории

г. Нижневартовск, 2023 год

Учебный курс углубляет базовые знания по биологии. Он предназначен для учащихся 11 классов, проявляющих интерес к изучению генетики. Курс опирается на знания и умения, полученные учащимися при изучении в разделе «Общей биологии» в 9-10 классе.

Данный курс рассчитан на 34 часа. Программой предусмотрено изучение теоретических вопросов, проведение лабораторных и практических работ, решение задач, проблем и проведение семинаров.

Цель курса – углубление, систематизация, закрепление и расширение теоретических знаний учащихся о геномике, а также рассмотрение основных свойств живого: наследственности, изменчивости, размножении, роста и развития и их проявлениях в организме человека.

Задачи курса:

- систематизировать и углубить научно-понятийный аппарат, основные биологические положения по данному курсу;
- расширять биологические знания через исторический обзор в контексте основных этапов становления генетики, изучение персоналий и толкование ряда вопросов;
- показать значение механизма наследования и определения пола для цитологических и генетических знаний;
- расширить и углубить знания о гене, мутациях;
- сформировать потребность в приобретении новых знаний и способах их получения путём самообразования;
- сформировать умения и навыки проектной деятельности.

I. Планируемые результаты освоения элективного курса

Предметные

В результате работы по программе курса обучающиеся должны **знать**:

- методы изучения наследственности;
- положения хромосомной теории наследственности;
- закономерности моно-, ди- и полигибридного скрещивания;
- закон чистоты гамет, сцепленного наследования;
- механизм генетического определения пола, характеристику пола;
- формы взаимодействия генов;
- основные формы изменчивости;
- устройство светового микроскопа и правила работы с ним.

Обучающиеся должны **уметь**:

- характеризовать принципы гибридологического метода
- работать с увеличительными приборами;
- приводить примеры различных видов скрещивания, множественного аллелизма;
- давать оценку расстояния между генами;
- сравнивать наследование сцепленный и не сцепленных генов;
- характеризовать генотип как целостную систему;
- общаться в группе, вести дискуссию, выступать, отстаивать свою точку зрения;
- объяснять необходимость мер профилактики наследственных заболеваний человека.

Личностные

У обучающихся будут сформированы:

- способность к самооценке на основе критериев успешности внеучебной деятельности;

Обучающийся получит возможность для формирования:

- выраженной устойчивой учебно-познавательной мотивации учения.

Регулятивные

Обучающийся научится:

- планировать свои действия в соответствии с поставленной задачей и условиями ее реализации, в том числе во внутреннем плане;
- оценивать правильность выполнения действия на уровне адекватной ретроспективной оценки соответствия результатов требованиям данной задачи и задачной области.

Обучающийся получит возможность научиться:

- ставить новые учебные задачи;
- самостоятельно адекватно оценивать правильность выполнения действия и вносить необходимые коррективы.

Познавательные

Обучающийся научится:

- осуществлять поиск необходимой информации для выполнения внеучебных заданий с использованием учебной литературы и в открытом информационном пространстве, энциклопедий, справочников (включая электронные, цифровые), контролируемом пространстве Интернета;
- фиксировать выборочную информацию об окружающем мире и о себе самом, в том числе с помощью инструментов ИКТ;

Обучающийся получит возможность научиться:

- осуществлять выбор наиболее эффективных способов решения задач в зависимости от конкретных условий;
- строить логическое рассуждение, включающее установление причинно-следственных связей.

Коммуникативные

Обучающийся научится:

- строить монологическое сообщение, владеть диалогической формой коммуникации, используя, в том числе средства и инструменты ИКТ и дистанционного общения;
- договариваться и приходить к общему решению в совместной деятельности, в том числе в ситуации столкновения интересов.

Обучающийся получит возможность научиться:

- понимать относительность мнений и подходов к решению проблемы;
- аргументировать свою позицию и координировать ее с позициями партнеров в сотрудничестве при выработке общего решения в совместной деятельности;
- адекватно использовать речевые средства для эффективного решения разнообразных коммуникативных задач.

II. Содержание программы

ВВЕДЕНИЕ (1 час)

Генетика – наука о наследственности и изменчивости организмов. Предмет, задачи и структура общей биологии. Взгляды средневековых ученых на процессы наследования признаков. Исторические аспекты развития генетики. Основные понятия генетики.

Демонстрация портретов, биографий виднейших генетиков.

Межпредметные связи. *Всемирная история*. Великие деятели науки.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ГЕНЕТИКИ (1 час)

Вклад отечественных ученых в развитие генетики. Современные разделы генетики. Г. Мендель и его роль в становление генетики. История развития генетики после Г. Менделя до середины XX века. Заслуги отечественных ученых Ю.А. Филипченко, Г. А. Надсон, Г.Д. Карпеченко, А.С. Серебровский, С.Г. Навашин, Н.К. Кольцов, Н.И. Вавилов, П.Г. Лобашев и др. Современные направления в исследовании генетики.

Демонстрация портретов, биографий виднейших генетиков.

Межпредметные связи. *Всемирная история и история России*. Великие деятели науки.

ОСНОВНЫЕ НОСИТЕЛИ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ (4 часа)

Предмет и задачи цитологии. Два типа клеточной организации: прокариотические и эукариотические клетки. Общие принципы организации клеток. Клеточная теория строения организмов. Строение клетки. Хромосомы. Типы хромосом организмов. Структура хромосом в различные периоды жизненного цикла клетки. Кариотип. Понятие гомологичных хромосомах. Диплоидный и гаплоидный наборы хромосом.

Жизненный цикл клеток. Передача наследственной информации в ряду клеточных поколений – размножение клеток. Митотический цикл: интерфаза – период подготовки клетки к делению, редупликация ДНК; митоз, фазы митотического деления и преобразования хромосом в них. Биологический смысл митоза. Биологическое значение митоза.

Передача наследственной информации из поколения в поколение – половое размножение организмов. Гаметогенез. Периоды образования половых клеток: размножение и рост. Период созревания (мейоз); профазы-I и процессы, в ней происходящие: конъюгация, кроссинговер. Биологическое значение и биологический смысл мейоза. Период формирования половых клеток; сущность и особенности течения. Особенности сперматогенеза и овогенеза. Осеменение и оплодотворение. Наружное и внутреннее оплодотворение. Партогенез. Развитие половых клеток у растений. Двойное оплодотворение у высших растений. Эволюционное значение полового размножения.

Демонстрация моделей, схем строения клеток, органоидов растительной и животной клетки, схем митоза и мейоза, фигур митотического деления клетки в клетках корешка лука под микроскопом и на схеме, микропрепаратов яйцеклеток.

Лабораторная работа. Изучение строения растительной и животной клетки под микроскопом. Изучение фаз митоза под микроскопом.

ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ (2 часа)

ДНК – молекулы наследственности; история изучения; история изучения. Уровни структурной организации; структура полинуклеотидных цепей, правило комплементарности, двойная спираль, биологическая роль ДНК. РНК, структура и функции. Информационные (матричные), транспортные, рибосомальные и регуляторные РНК.

Репликация ДНК, передача наследственной информации из поколения в поколение, роль ферментов в этом процессе.

Молекулярная структура гена. Экзон-интронная организация гена. Гены структурные и регуляторные.

Реализация наследственной информации. Биологический синтез белков в клетке. Транскрипция; ее сущность и механизм. Трансляция; ее сущность и механизм. Генетический код и его свойства.

Демонстрация таблиц, схем, объемных моделей структурной организации нуклеиновых кислот.

Лабораторная работа. Решение генетических задач.

Межпредметные связи. *Органическая химия*. Принципы организации органических соединений. Нуклеиновые кислоты.

МЕНДЕЛИЗМ ИЛИ МЕНДЕЛЕВСКАЯ ГЕНЕТИКА (6 часов)

Автобиография и работы основателя генетики Г. Менделя. Понятие о наследственном факторе. Моно – и дигибридное скрещивание. Анализ потомства. Законы наследственности, установленные Г. Менделем. Доминантные и рецессивные признаки. Аллельные гены. Фенотип и генотип. Гомозигота и гетерозигота. Единообразие гибридов первого поколения. Промежуточный характер наследования. Закон расщепления признаков. Гипотеза «чистоты гамет». Моно-, ди- полигибридное скрещивание. Статистический характер явлений расщепления. Цитологические основы единообразия первого поколения и расщепления признаков во втором поколении. Закон независимого наследования. Особенности аутосомного наследования.

Демонстрация динамических моделей, иллюстрирующих законы Г. Менделя, слайдов с примерами наследования признаков.

Лабораторная работа. Решение генетических задач.

Межпредметные связи. *Математика*. Умножение многочлена на многочлен. Терма сложения вероятностей. Теорема умножения вероятностей.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ (4 часа)

Генотип как целостная система. Взаимодействие аллельных генов в определении признака: доминирование, неполное доминирование, кодоминирование. Взаимодействие неаллельных генов: комплементарность, эпистаз, полимерия. Плейотропия. Экспрессивность и пенетрантность.

Лабораторная работа. Решение генетических задач.

Межпредметные связи. *Математика*. Умножение многочлена на многочлен. Теорема сложения вероятностей. Теорема умножения вероятностей.

МОРГАНИЗМ. ГЕНЕТИКА ПОЛА. СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ (6 часов)

Генетическое определение пола. Аутосомы и гетерохромосомы. Гомогаметный и гетерогаметный пол. Генетическая структура половых хромосом. Наследование признаков, сцепленных с полом. Гемизиготное состояние гена. Хромосомная теория наследственности. Группы сцепления генов. Сцепленное наследование признаков. Закон Т.Моргана – закон сцепленного наследования генов. Полное и неполное сцепление генов; расстояние между генами, расположенными в одной хромосоме. Генетические и цитологические карты хромосом. Кроссинговер, виды кроссинговера, кроссоверные и некрссоверные гаметы. Биологическая роль кроссинговера.

Демонстрация родословных выдающихся представителей человечества. Карт хромосом человека, животных и растений.

Лабораторная работа. Решение генетических задач.

Межпредметные связи. *Математика*. Умножение многочлена на многочлен. Терма сложения вероятностей. Теорема умножения вероятностей.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ (4 часа)

Основные формы изменчивости. Фенотипическая, или модификационная, изменчивость. Свойства модификаций. Роль условий внешней среды в развитии и проявлении признаков и свойств. Статистические закономерности модификационной изменчивости; вариационный ряд и вариационная кривая. Норма реакции; зависимость от генотипа. Дискретные и непрерывные признаки организмов.

Генотипическая изменчивость и ее свойства. Мутации. Причины и свойства мутаций. Классификация мутаций. Генные мутации. Множественное действие гена. Хромосомные перестройки: дупликации, делеции, инверсии, транслокации. Геномные мутации. Основные группы геномных мутаций: анеуплоидия и полиплоидия. Эволюционная роль мутаций; значение мутаций для практики сельского хозяйства и биотехнологии.

Демонстрация примеров модификационной и мутационной изменчивости.

Межпредметные связи. *Математика*. Умножение многочлена на многочлен. Терма сложения вероятностей. Теорема умножения вероятностей. *Физика*. Ионизирующее излучение, понятие о дозе излучения и биологической защите. *Химия*. Химические соединения: лекарства, антисептики. Тяжелые металлы.

ГЕНЕТИКА ЧЕЛОВЕКА (4 часа)

Особенности человека как объекта генетических исследований. Методы изучения генетики человека: генеалогический, цитогенетический, биохимический, близнецовый, популяционно-статистический и др. карты хромосом (физические, химические, генные). Моногенные, хромосомные, мультифакторные болезни человека. Перенатальная диагностика наследственных заболеваний человека. Медико – генетическое консультирование: этапы и медицинское значение.

Демонстрация хромосомных аномалий человека и их фенотипических проявлений.

Лабораторная работа. Решение генетических задач.

ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦИЙ (2 часа)

Генетика и эволюционная теория. Популяция как элементарная единица эволюции. Генофонд популяции. Перекрестно оплодотворяющиеся и самооплодотворяющиеся популяции. Панмиксия. Генетические процессы в популяциях. Идеальные и реальные популяции. Условия существования в природе идеальной популяции. Закон Харди – Вайнберга. Близкородственные браки.

Лабораторная работа. Решение генетических задач.

Межпредметные связи. *Математика*. Умножение многочлена на многочлен. Теорема сложения вероятностей. Теорема умножения вероятностей. *География*. Распространение животного и растительного мира на Земле. *Экономическая география*. Население мира. География населения мира.

ОСНОВЫ СЕЛЕКЦИИ (1 час)

Генетические основы селекции. Методы селекции. Явление гетерозиса. Особенности селекции животных, растений и микроорганизмов.

Демонстрация примеров применения селекций на животных и растений, а также значение селекции

Межпредметные связи. *География*. Распространение животного и растительного мира на Земле. *Экономическая география*.

III. Тематическое планирование

№ п/п	Тема занятия	Дата план	Дата факт	Основные понятия	Форма организации
	ВВЕДЕНИЕ (1 час)				
1.	Введение в генетику			генетика; предмет и задачи генетики; основные понятия и термины генетики	лекция
	ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ГЕНЕТИКИ (1 час)				
2.	История становления и развития генетики			вклад зарубежных и отечественных ученых; современные разделы генетики	коллективная, доклады учащихся
	ОСНОВНЫЕ НОСИТЕЛИ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ (4 часа)				
3.	Строение клетки			цитология; клеточная теория; основные компоненты клетки особенности строения эукариотической клетки	практическая работа
4.	Строение растительной и животной клетки				практическая работа, коллективная, сообщения учащихся
5.	Способы деления клетки			митоз; мейоз, их генетическое значение гаметогенез; двойное оплодотворение; способы размножения растений и животных	Лабораторная работа №1 «Изучение строения растительной и животной клетки»
6.	Митоз			фазы деления	Лабораторная работа №2 «Изучение фаз митоза»
	ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ (2 часа)				
7.	Природа гена			строение и функции ДНК, РНК. транскрипция; трансляция; генетический код;	коллективная

8.	Решение задач по молекулярной генетике			основная символика; рассмотрение типовых задач на ДНК алгоритм решения	коллективная, решение задач,
	МЕНДЕЛИЗМ (6 часов)				
9.	Менделизм наследование при моногибридном скрещивании			основные термины; I закон Менделя; типы доминирования; цитологические основы	коллективная, сообщения учащихся проблемно-исследовательский
10.	Наследование ди- и полигибридном скрещивании			основные термины; II и III закон Менделя.; цитологические основы; гипотеза «чистоты гамет»; решетка Пеннета;	коллективная, сообщения учащихся проблемно-исследовательский,
11.	Решение задач «1 закон Менделя»			алгоритм решения	решение задач
12.	Решение задач «2 закон Менделя»			алгоритм решения	решение задач
13.	Решение задач «3 закон Менделя»			алгоритм решения	решение задач
14.	Решение задач «Закон чистоты гамет»			алгоритм решения	решение задач
	ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕНОВ (4 часа)				
15.	Взаимодействие аллельных генов			взаимодействие аллельных генов в определении признака: доминирование, неполное доминирование, кодоминирование;	коллективная, проблемно-исследовательский,
16.	Взаимодействие неаллельных генов			комплементарное взаимодействие генов (классификация типов взаимодействия); эпистатическое взаимодействие генов; полимерное взаимодействие генов; действие генов	коллективная, сообщения учащихся проблемно-исследовательский,
17.	Решение задач «Аллельные гены»			алгоритм решения	практическая работа
18.	Решение задач «Неаллельные гены»			алгоритм решения	практическая работа
	МОРГАНИЗМ. ГЕНЕТИКА ПОЛА. СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ (6 часов)				

19.	Генетика пола			основные термины; типы хромосомного определения пола; тельца Барра	коллективная, решение задач, практическая работа
20.	Наследование через половые хромосомы			решение задач; наследование при не расхождении хромосом в мейозе;	коллективная, решение задач, практическая работа
21.	Решение задач «Наследование, сцепленное с полом»			алгоритм решения	проблемно-исследовательский, решение задач
22.	Сцепленное наследование. Кроссинговер			наследование при полном сцепление генов; наследование при кроссинговере; чистота кроссинговера; генетические карты	практическая работа
23.	Решение задач «Кроссинговер»				практическая работа
24.	Решение задач «Сцепленное наследование»				практическая работа
	ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ (4 часа)				
25.	Генотипические мутации. Типы мутаций			мутации; классификация мутаций	проблемно-исследовательский
26.	Эволюционная роль мутаций			значение мутаций; биотехнология	коллективная, доклады учащихся
27.	Модификации			виды изменчивости	практическая работа
	ГЕНЕТИКА ЧЕЛОВЕКА (4 часа)				
28.	Основные методы генетики человека			методы изучения генетики человека; болезни человека; перинатальная диагностика; этапы и медицинское значение	сообщения учащихся проблемно-исследовательский
29.	Медико-генетическое консультирование				коллективная, доклады
30.	Меры профилактики наследственных заболеваний человека				
31.	Решение задач «Наследственность человека»			алгоритм решения	практическая работа

	ГЕНЕТИКА ПОПУЛЯЦИЙ (2 часа)				
32.	Основы генетики популяций			генетика и эволюционная теория; Закон Харди – Вайнберга	практическая работа
33.	Решение задач на закон Харди – Вайнберга			алгоритм решения	
	ОСНОВЫ СЕЛЕКЦИИ (1 час)				
34.	Генетическая основа селекции. Значение селекции			селекция; вклад отечественных ученых; современные методы селекции; значение селекции	сообщения учащихся проблемно- исследовательский

Список литературы

Для учителя:

Книжные издания.

1. Авнет Н.М. Поиграем в генетиков. Биология № 36,1999
2. Анашкина Е. Н. «Биология. Кроссворды для школьников» Ярославль, Академия развития, 1997
3. Асланян М. М. «Сборник задач по общей генетике» М, Московский университет 2001
4. Афанасьева Т.В.и др. Обобщающие уроки: работа в группах / Биология в школе №4, 1997.с.33-35
5. Бочков Н.П. «Генетика человека. Наследственность и патология» М.Медицина.1978.
6. Белянина С. И., Сигарева Л. Е., Егорова Г. Г. «Генетика человеческих популяций» Издательство Саратовского университета 1991.
7. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. «Биология. В 3-х т». М.: Мир, 1990.
8. Дружинина Н.Т. «Генетика и человек» М. Просвещение. 1978.
9. Давиденкова Е.Ф., Бутомо И.В. «Наследственность и здоровье человека» Ленинград, 1985.
10. Dean Hamer & Peter Copeland Anchor Book NY 1998.
11. Герасимова Н.С. Медико – генетическое консультирование. Задачи по генетике человека. Биология №15, 2003
12. Дашкевич И.С. Генетика популяций //Биология в школе № 3, 2006
13. Жумилев И.В. «Общая и молекулярная генетика», Новосибирск, 2001
14. Киселева, З.С. Генетика: Учеб. пособие по факультатив.курсу для учащихся X кл./ З.С.Киселева, А.Н.Мягкова. – М.:Просвещение,1983. – 175с
15. Лобашев М.Е. «Генетика с основами селекции». – М.,1979 г.
16. Митрофанов Ю. А., Олимпиенок Г. С. «Индукцированный и мутационный процесс эукариот». М.: Наука, 1980.
17. Медицинская генетика: Учебник/ Н.П.Бочков, А.Ю.Асанов, Н.А.Жученко и др.; Под ред. Н.П.Бочкова. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 192с.
18. Паушва З. П. «Практикум по цитологии растений». М.: Агропромиздат, 1988.
19. Пименова И. Н., Пименов А. В. «Лекции по общей биологии». Саратов ОАО «Издательство «Лицей»» 2003.
20. Тарасенко Н. Д., Лушанова Г. И. «Что вы знаете о своей наследственности?» 2-е изд., Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1991.
21. Топорнина Н. А., Стволинская Н.С. «Генетика человека. Практикум для ВУЗов» М, Владос 2001
22. Шалапенко Е.С. «Тесты по биологии» М, Рольф 2000
23. Юнусбаев Б. Х. «Общая биология. Тесты.» М, Аркти 2001
24. Щипков В.Н., Кривошеина Г.Н. Практикум по медицинской генетике М. Academia, 2003

Газеты и журналы.

1. Газета «Биология». Изд. «Первое сентября» № 6. 2000 г.
2. Газета «Биология». Изд. «Первое сентября» № 8. 2000 г.
3. Газета «Биология». Изд. «Первое сентября» № 44. 2002 г.
4. Журнал «Биология в школе» № 7, 1993 г.
5. Журнал «Биология в школе» № 2, 2001 г.
6. Журнал «Биология в школе» № 7, 2002 г.
7. Журнал «Биология в школе» № 5, 2003 г.
8. Журнал «Биология в школе» № 6, 2003 г.
9. Nature, № 6855, 2001 г.
- 10.Science, № 5540, № 5584, 2002 г.

Электронные издания.

1. 1-С репетитор. Биология.
2. Пименова И. Н., Пименов А. В. «Лекции по общей биологии».
3. Крестьянинов В. Ю., Вайнер Г. Б. «Задачник по генетике с решениями»

Рекомендуемая литература для учащихся:

1. Авнет Н.М. Поиграем в генетиков. Биология № 36,1999
2. Айла Ф., Кайгер Дж. Современная генетика. – М., 1987.
3. Асанов А.Ю. Медицинская генетика. – М.: Мастерство, 2003.
4. Ауэрбах Ш.М. Наследственность. Введение в генетику для начинающих. – М: Атомиздат, 1969.
5. Богданов А.А. Власть над геном. – М.: Просвещение, 1989.
6. Бочков Н.П. Гены и судьбы. – М.: Молодая гвардия, 1990.
7. Грин Н., Стаут У., Тейлор Д. Биология: В 3т. – М., 1990
8. Давиденко Е.Ф. Что такое наследственные болезни? – М.: Знание, 1985.
9. Карузина И.П. Учебное пособие по основам генетики. – М.: Медицина, 1989.
10. Левонтин Р.В. Человеческая индивидуальность: наследственность и среда. – М.: Прогресс, 1993.
11. Тарасенко Н.Д. Что вы знаете о своей наследственности? – Новосибирск: Наука, 1999.
12. Шевцов И.А. Популярно о генетике. – Киев: Киевиздат, 1989.
13. Ярыгин В. Н. «Биология для поступающих в ВУЗы». М.: Высшая школа, 1995.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Краткий терминологический словарь по курсу

Аллель — одна из двух или более альтернативных форм гена, каждая из которых характеризуется уникальной последовательностью нуклеотидов; аллели, как правило, отличаются последовательностями нуклеотидов.

Аллель доминантный — аллель, наличие которого проявляется в фенотипе.

Аллель мутантный — мутация, приводящая к изменению последовательности аллеля дикого типа.

Аллель рецессивный — аллель, фенотипически проявляющийся только в гомозиготном состоянии и маскирующийся в присутствии доминантного аллеля.

Ампликон — внехромосомная единица амплификации.

Амплификатор ДНК (термоциклер) — прибор, необходимый для проведения полимеразной цепной реакции (ПЦР); позволяет задавать нужное количество циклов и выбирать оптимальные временные и температурные параметры для каждой процедуры цикла.

Амплификация — увеличение числа копий генов (количества ДНК).

Амплификация ДНК — выборочное копирование определённого участка ДНК.

Амфидиплоиды — эукариотические клетки, содержащие два двойных набора хромосом в результате объединения двух геномов.

Анеуплоидия — измененный набор хромосом, в котором одна или несколько хромосом из обычного набора или отсутствуют, или представлены дополнительными копиями.

Анкилоблефарон — сращение краев век спайками, покрытыми слизистой оболочкой.

Антиген — вещество (обычно белки, реже полисахариды), вызывающее у животных иммунный ответ (образование антител).

Антикодон — последовательность из трёх нуклеотидов в молекуле транспортной РНК, комплементарная кодирующему триплету в молекуле мРНК.

Аутосома — любая неполовая хромосома. У человека имеется 22 пары аутосом.

Аутосомно-доминантное наследование — тип наследования, при котором одного мутантного аллеля, локализованного в аутосоме, достаточно, чтобы болезнь (или признак) могла быть выражена.

Аутосомно-рецессивное наследование — тип наследования признака или болезни, при котором мутантный аллель, локализованный в аутосоме, должен быть унаследован от обоих родителей.

Бактериофаг — вирус бактерий: состоит из ДНК или РНК, упакованной в белковую оболочку.

Биопсия хориона — процедура, осуществляемая на 7—11-й неделе беременности, с целью получения клеток для пренатальной диагностики.

Вектор — молекула ДНК, способная к включению чужеродной ДНК и к автономной репликации, служащая инструментом для введения генетической информации в клетку.

Гамета — зрелая половая клетка.

Гаплоид — клетка, содержащая одинарный набор генов или хромосом.

Гемизиготность — состояние организма, при котором какой-то ген представлен в одной хромосоме.

Ген — последовательность нуклеотидов в ДНК, которая кодирует определённую РНК.

Генетическая карта — схема расположения структурных генов и регуляторных элементов в хромосоме.

Генетический код — соответствие между триплетами в ДНК (или РНК) и аминокислотами белков.

Генная инженерия — совокупность приемов, методов и технологий получения рекомбинантных РНК и ДНК, выделения генов из организма (клеток), осуществления манипуляций с генами и введения их в другие организмы.

Геном — общая генетическая информация, содержащаяся в генах организма, или генетический состав клетки.

Генотип 1) вся генетическая информация организма; 2) генетическая характеристика организма по одному или нескольким изучаемым локусам.

Гетерозигота — клетка (или организм), содержащая два различных аллеля в конкретном локусе гомологичных хромосом.

Гетерозиготность — наличие разных аллелей в диплоидной клетке.

Гетерохроматин — область хромосомы (иногда целая хромосома), имеющая плотную компактную структуру в интерфазе из-за отсутствия транскрипции.

Гибридизация ДНК — образование в опыте двуцепочечной ДНК или дуплексов ДНК:РНК в результате взаимодействия комплементарных нуклеотидов.

Гибридизация соматических клеток — слияние неполовых клеток, способ получения соматических гибридов (см.).

Голандрическое наследование — наследование, сцепленное с Y-хромосомой.

Гомозигота — клетка (или организм), содержащая два одинаковых аллеля в конкретном локусе гомологичных хромосом.

Гомологичные хромосомы — хромосомы, одинаковые по набору составляющих их генов.

Группа сцепления — все гены, локализованные в одной хромосоме.

Делеция — тип хромосомной мутации, при которой утрачивается участок хромосомы; тип генной мутации, при которой выпадает участок молекулы ДНК.

ДНК-полимераза — фермент, ведущий матричный синтез ДНК.

Доминантность — преимущественное проявление только одного аллеля в формировании признака у гетерозиготной клетки.

Дрейф генов — изменение частот генов в ряду поколений, обусловленное случайными событиями митоза, оплодотворения и размножения.

Дупликация — тип хромосомной мутации, при которой удвоен какой-либо участок хромосомы; тип генной мутации, при которой удвоен какой-либо участок ДНК.

Зонд генетический — короткий отрезок ДНК или РНК известной структуры или функции, меченный каким-либо радиоактивным или флуоресцентным соединением.

Изменчивость — вариабельность (разнообразие) признаков среди представителей данного вида.

Индуктор — фактор (вещество, свет, теплота), вызывающий транскрипцию генов, находящихся в неактивном состоянии.

Интерфероны — белки, синтезируемые клетками позвоночных в ответ на вирусную инфекцию и подавляющие их развитие.

Интрон — некодирующий участок гена, который транскрибируется, а затем удаляется из предшественника мРНК при её редактировании сплайсинге.

Итероны — повторяющиеся последовательности нуклеотидных остатков в ДНК.

Капсид — белковая оболочка вируса.

Кассета экспрессионная — фрагмент ДНК, содержащий все необходимые генетические элементы для экспрессии внедренного в него гена.

Клон — группа генетически идентичных клеток, возникших неполовым путём от общего предка.

Клонирование ДНК — процесс получения рекомбинантных молекул ДНК.

Кодон — тройка расположенных подряд нуклеотидных остатков в ДНК или РНК, кодирующая определённую аминокислоту или являющаяся сигналом окончания трансляции.

Комплементарность (в генетике) — свойство азотистых оснований образовывать с помощью водородных связей парные комплексы аденин—тимин (или урацил) и гуанин—цитозин при взаимодействии цепей нуклеиновых кислот.

Конъюгация — способ обмена генетической информацией у бактерий, при котором вследствие физического контакта между клетками происходит перенос клеточной, плазмидной или транспозонной ДНК от донорной клетки в реципиентную.

Кроссинговер — явление обмена участками гомологичных хромосом во время конъюгации при мейозе.

Лигаза — фермент, образующий фосфодиэфирную связь между двумя полинуклеотидами.

Линкер — короткий синтетический олигонуклеотид, применяемый для соединения фрагментов ДНК *in vitro*; обычно содержит участок узнавания определённой рестриктазой.

Липкие концы — комплементарные однонитевые участки ДНК, расположенные на концах молекул ДНК.

Локус — участок ДНК (хромосомы), где расположена определённая генетическая детерминанта.

Маркерный ген — ген в рекомбинантной ДНК, кодирующий селективный признак.

Межвидовые гибриды — гибриды, полученные от слияния клеток, принадлежащих к разным видам.

Микросателлит — микросателлитный локус (STR – от английского Short Tandem Repeats): участок ДНК с определённой геномной локализацией, содержащий короткие tandemные повторы.

Моногибридное скрещивание — скрещивание форм, отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных признаков.

Мутагенез — процесс индукции мутаций.

Мутагены — физические, химические или биологические агенты, увеличивающие частоту возникновения мутаций.

Мутация — изменение генетического материала, часто приводящее к изменению свойств организма.

Наследственность — свойство организмов обеспечивать материальную и функциональную преемственность между поколениями, а также повторять определённый тип индивидуального развития.

Наследуемость — доля фенотипической изменчивости в популяции, обусловленная генетической изменчивостью (в отношении к определённому качественному или количественному признаку).

Нуклеазы — общее название ферментов, расщепляющих молекулы нуклеиновых кислот.

Обратная транскриптаза — фермент, катализирующий реакцию синтеза ДНК на матрице РНК.

Оператор — регуляторный участок гена (оперона), с которым специфически связывается репрессор (см. репрессор), предотвращая тем самым начало транскрипции.

Оперон — совокупность совместно транскрибируемых генов, обычно контролирующих родственные биохимические функции.

Плазмида — кольцевая или линейная молекула ДНК, реплицирующаяся автономно от клеточной хромосомы.

Полимеразы — ферменты, ведущие матричный синтез нуклеиновых кислот.

Полипептид — белок, полимер, состоящий из аминокислотных остатков, связанных пептидными связями.

Праймер — короткая олиго- или полинуклеотидная последовательность со свободной 3'-ОН-группой, комплементарно связанная с однонитевой ДНК или РНК; с его 3'-конца ДНК-полимераза начинает наращивать полидезоксирибонуклеотидную цепь.

Прокариоты — организмы, у которых нет клеточного ядра.

Промотор — регуляторный участок гена (оперона), к которому присоединяется РНК-полимераза с тем, чтобы начать транскрипцию.

Регулон — система генов, разбросанных по всему геному, но подчиняющихся общему регуляторному белку.

Регуляция экспрессии генов — контроль над клеточной структурой и функцией, а также основа дифференцировки клеток, морфогенеза и адаптации.

Рекомбинантная молекула ДНК (в генетической инженерии) — получается в результате ковалентного объединения вектора и чужеродного фрагмента ДНК.

Рекомбинантный белок — белок, полученный в результате экспрессии с рекомбинантной молекулы ДНК, часто получаемый в кишечной палочке.

Ренатурация — восстановление исходной пространственной структуры молекул.

Репарация ДНК — исправление повреждений молекулы ДНК, восстанавливающее её первоначальную структуру.

Репликатор — участок ДНК, ответственный за инициацию репликации.

Репликация — процесс удвоения молекул нуклеиновых кислот.

Репликон — молекула ДНК или её участок, находящиеся под контролем репликатора.

Репрессия — подавление активности генов, чаще всего путём блокирования их транскрипции.

Репрессор — белок или антисмысловая РНК, подавляющие активность генов.

Рестриктазы — сайт-специфические эндонуклеазы, составляющие часть системы рестрикции-модификации.

Рецессивность — неучастие аллеля в формировании признака у гетерозиготной клетки.

Сайт — участок молекулы ДНК, белка и т. п.

Секвенирование — установление последовательности звеньев в молекулах нуклеиновых кислот или белков (полипептидов).

Селективные среды — питательные среды, на которых могут расти лишь клетки с определёнными свойствами.

Скрининг — поиск в рассевах клеток или фагов тех колоний, которые содержат рекомбинантные молекулы ДНК.

Соматические клетки — клетки тканей многоклеточных организмов, не относящиеся к половым.

Сплайсинг — процесс формирования зрелой мРНК или функционального белка путём удаления внутренних частей молекул — интронов РНК или интеинов у белков.

Трансдукция — перенос фрагментов ДНК с помощью бактериофага.

Транскрипция — синтез РНК на ДНК-матрице; осуществляется РНК-полимеразой.

Трансляция — синтез полипептидной цепи белков, осуществляемый в рибосомах.

Трансформация — изменение наследственных свойств клетки, вызванное поглощенной ДНК.

Трансформация (в молекулярной генетике) — перенос генетической информации посредством изолированной ДНК.

Фенотип — внешнее проявление свойств организма, зависящих от его генотипа и факторов окружающей среды.

Фильтр — расстояние от нижненосовой точки до красной каймы верхней губы.

Химеры — лабораторные гибриды (рекомбинанты).

Хроматин — нитчатые комплексные молекулы дезоксирибонуклеопротеида (ДНП), которые состоят из ДНК, связанной с гистонами.

Центромера — локус на хромосоме, физически необходимый для распределения гомологичных хромосом по дочерним клеткам.

Штамм — линия клеток, бактерий (или вирусов), ведущая начало от одной клетки (или вируса).

Экзон — сохраняющаяся при сплайсинге часть интронированного гена.

Экзонуклеаза — фермент, гидролизующий фосфодиэфирные связи с концов ДНК.

Экспрессия гена — процесс реализации информации, закодированной в гене. Состоит из двух основных стадий — транскрипции и трансляции.

Электрофорез — разделение электрически заряженных полимеров в электрическом поле. Обычно ведется в гелях (гель-электрофорез), чтобы зоны разделяемых молекул не размывались тепловым движением.

Эукариоты — организмы, клетки которых содержат ядра.

Перечень вопросов к семинарам.

Тема 1: История развития генетики.

1. Роль отечественных и зарубежных ученых в развитии генетики и селекции. (таблица).

ученые	вклад
--------	-------

2. Связь генетики с другими науками биологии, и ее место в среди биологических наук.

3. Современные направления в изучение генетики.

Тема 2 : Основные носители наследственности.

1. Особенности состава и структуры хромосом.

2. Функциональное значение активности хромосом.

3. Видовая специфика кариотипа. Кариотип человека.

4. Гигантские хромосомы.

5. Особенности макроспорогенеза и микроспорогенеза (схемы).

6. Оплодотворение у растений (схемы).

7. Оплодотворение у животных сперматогенез и оогенез (схемы).

Тема 3: Химические основы наследственности.

1. Строение ДНК и РНК и их функции.

2. Связь строения ДНК с функциями наследственной молекулы. Вхождение и свойства хромосом.

3. Транскрипция и типы РНК в клетке.

4. Генетический код и его свойства.

5. Этапы транскрипции (схема).

Тема 4: Менделизм или менделевская генетика.

1. Биография Г. Менделя.

2. Предшественники Г. Менделя.

3. Работа Менделя «Опыты над растениями гибридов».

Тема 6: Морганизм. Генетика пола. Сцепленное наследование.

1. Генандроморфизм.

2. Дифференциация и переопределение пола.

3. Интерсексы.

4. Наследование ограниченных полом и зависимых от пола признаков.

5. Балансовая теория определения пола на примере дрозофилы.

Тема 7: Закономерности изменчивости.

1. Генные мутации (привести примеры).

2. Геномные мутации (привести примеры).

3. Хромосомные мутации (привести примеры).

Тема 8: Генетика человека.

1. Основные методы генетики.

2. Хромосомные болезни.

3. Генные болезни человека.

4. Перенатальная диагностика наследственных заболеваний человека.

Тема 9: Генетика популяций.

1. Панмиксия.

2. Идеальные и реальные популяции.

3. Близкородственные браки.

Тема 10: Селекция.

1. Технология выведения новых пород животных и растений и их значения для человека.

Примерный список докладов и рефератов к курсу «Азбука генетики»

1. XX век - Век Генетики
2. Генетика и проблемы человека
3. Генетическая инженерия
4. Достижения генетики
5. Достижения геномной инженерии и биотехнологии
6. Эвгеника – как наука, ее основные этапы развития и характеристика)
7. Международный проект "Геном человека
8. Методы теоретической популяционной генетики
9. Молекулярно-генетические механизмы старения
10. Молекулярные механизмы генетической изоляции
11. Мутации на геномном уровне
12. Наследственность и изменчивость
13. Болезни с наследственной предрасположенностью (мультифакториальные заболевания)
14. Генетическая рекомбинация в свете эволюции
15. Геногеография — путь в наше прошлое
16. Болезни генетического импринтинга и экспансии нуклеотидных повторов
17. Биологического моделирования наследственной патологии человека
18. Работа медико-генетической консультации, методами профилактики, диагностики и лечения наследственных заболеваний.
19. Характеристика отдельных заболеваний (нарушения аминокислотного обмена, нарушения углеводного обмена, нарушения липидного обмена, нервно-мышечные заболевания, болезни соединительной ткани, нарушения циркулирующих и транспортных белков).
20. Факторы повышенного риска рождения детей с хромосомными болезнями.
21. Пренатальная и постнатальная диагностика наследственной патологии.

ПРИЛОЖЕНИЕ №4

Примеры темы проектных работ

1. Наследственная склонность к смертельным кровотечениям
2. Жанна Д'Арк: феномен ли?
3. Тот себе вредит, кто часто в рюмку глядит
4. Наследство Жана Нико
5. История одной овцы
6. Интеллект нашей школы
7. И сам не ам, и другим не рекомендую
8. Моя родословная

ПРИЛОЖЕНИЕ №5

Задачи химические основы наследственности

Необходимые пояснения:

относительная молекулярная масса одного нуклеотида принимается за 345; расстояние между нуклеотидами в цепи молекулы ДНК (длина одного нуклеотида) – 0,34 нм;

Правила Чаргаффа:

$$1. \sum(A) = \sum(T)$$

$$2. \sum(\Gamma) = \sum(\Pi)$$

$$3. \sum(A+\Gamma) = \sum(T+\Pi)$$

Задача № 1. На фрагменте одной нити ДНК нуклеотиды расположены в последовательности:
А–А–Г–Т–Ц–Т–А–Ц–Г–Т–А–Т

Определите процентное содержание всех нуклеотидов в этом фрагменте ДНК и длину гена.

Решение:

1) достраиваем вторую нить (по принципу комплементарности)

$$2) \sum(A+T+\Pi+\Gamma) = 24, \text{ из них } \sum(A) = 8 = \sum(T)$$

$$24 - 100\%$$

$$8 - x\%$$

$$x = 33,4\%$$

$$\sum(\Gamma) = 4 = \sum(\Pi)$$

$$24 - 100\%$$

$$4 - x\%$$

$$x = 16,6\%$$

3) молекула ДНК двуцепочечная, поэтому длина гена равна длине одной цепи:

$$12 \times 0,34 = 4,08 \text{ нм}$$

Задача № 2. В молекуле ДНК на долю цитидиловых нуклеотидов приходится 18%. Определите процентное содержание других нуклеотидов в этой ДНК.

Решение:

1) т.к. $\Pi = 18\%$, то и $\Gamma = 18\%$;

2) на долю А+Т приходится $100\% - (18\% + 18\%) = 64\%$, т.е. по 32%

Ответ: Γ и Π – по 18%, А и Т – по 32%.

Задача № 3. В молекуле ДНК обнаружено 880 гуанидиловых нуклеотидов, которые составляют 22% от общего числа нуклеотидов в этой ДНК.

Определите:

а) сколько других нуклеотидов в этой ДНК?

б) какова длина этого фрагмента?

Решение:

$$1) \sum(\Gamma) = \sum(\Pi) = 880 \text{ (это 22\%);}$$

На долю других нуклеотидов приходится $100\% - (22\% + 22\%) = 56\%$, т.е. по 28%;

Для вычисления количества этих нуклеотидов составляем пропорцию:

$$22\% - 880$$

$$28\% - x, \text{ отсюда } x = 1120$$

2) для определения длины ДНК нужно узнать, сколько всего нуклеотидов содержится в 1 цепи:

$$(880 + 880 + 1120 + 1120) : 2 = 2000$$

$$2000 \times 0,34 = 680 \text{ (нм)}$$

Задача № 4. Дана молекула ДНК с относительной молекулярной массой 69 000, из них 8625 приходится на долю адениловых нуклеотидов.

Найдите количество всех нуклеотидов в этой ДНК. Определите длину этого фрагмента.

Решение:

$$1) 69\ 000 : 345 = 200 \text{ (нуклеотидов в ДНК),}$$

$$8625 : 345 = 25 \text{ (адениловых нуклеотидов в этой ДНК),}$$

$$\Sigma(\Gamma+\Psi) = 200 - (25+25) = 150, \text{ т.е. их по } 75;$$

$$2) 200 \text{ нуклеотидов в двух цепях, значит в одной } - 100.$$

$$100 \times 0,34 = 34 \text{ (нм)}$$

Задача № 5. Что тяжелее: белок или его ген?

Решение:

Пусть x – количество аминокислот в белке, тогда масса этого белка – $120x$, количество нуклеотидов в гене, кодирующем этот белок, – $3x$, масса этого гена – $345 \times 3x$.

$$120x < 345 \times 3x$$

Ответ: ген тяжелее белка.

Задача № 6. Последовательность нуклеотидов в начале гена, хранящего информацию о белке инсулине, начинается так:

A–A–A–Ц–A–Ц–Ц–T–Г–Ц–T–T–Г–T–A–Г–A–Ц

Напишите последовательности аминокислот, которой начинается цепь инсулина.

Решение:

Задание выполняется с помощью таблицы, в которой нуклеотиды в иРНК (в скобках – в исходной ДНК) соответствуют аминокислотным остаткам.

Генетический код

Двадцать аминокислот, входящих в состав белков

Ответ: фенилаланин – валин – аспарагиновая кислота – глутаминовая кислота – гистидин – лей.

Задачи на моногибридное скрещивание

Задача № 1

Какие пары наиболее выгодно скрещивать для получения платиновых лисиц, если платиновость доминирует над серебристостью, но в гомозиготном состоянии ген платиновости вызывает гибель зародыша?

Ответ: наиболее выгодно скрещивать серебристых и платиновых гетерозиготных лисиц.

Задача № 2

При скрещивании двух белых тыкв в первом поколении $3/4$ растений были белыми, а $1/4$ – желтыми. Каковы генотипы родителей, если белая окраска доминирует над желтой?

Ответ: родительские растения гетерозиготны.

Задачи на дигбридное скрещивание

Задача № 3

Если женщина с веснушками (доминантный признак) и волнистыми волосами (доминантный признак), у отца которой были прямые волосы и не было веснушек, выйдет замуж за мужчину с веснушками и прямыми волосами (оба его родителя с такими же признаками), то какими могут быть у них дети?

Ответ: все дети в этой семье будут с веснушками, а вероятность рождения их с прямыми и волнистыми волосами – по 50%.

Задача № 4

Каковы генотипы родительских растений, если при скрещивании красных томатов (доминантный признак) грушевидной формы (рецессивный признак) с желтыми шаровидными получилось: 25% красных шаровидных, 25% красных грушевидных, 25% желтых шаровидных, 25% желтых грушевидных?

Ответ: генотипы родительских растений $Aabb$ и $aaBb$.

Задачи на неполное доминирование

Задача № 5

При скрещивании между собой чистопородных белых кур потомство оказывается белым, а при скрещивании черных кур – черным. Потомство от белой и черной особей оказывается пестрым. Какое оперение будет у потомков белого петуха и пестрой курицы?

Ответ: половина цыплят будут белые, а половина пестрые.

Задача № 6

Растения красноплодной земляники при скрещивании между собой всегда дают потомство с красными ягодами, а растения белоплодной земляники – с белыми. В результате скрещивания этих сортов друг с другом получаются розовые ягоды. Какое возникнет потомство при скрещивании между собой гибридов с розовыми ягодами?

Ответ: половина потомков будет с розовыми ягодами и по 25% с белыми и красными.

Задачи на наследование групп крови

Задача № 7

Какие группы крови могут быть у детей, если у обоих родителей IV группа крови?

Ответ: вероятность рождения детей с IV группой крови – 50%, с II и III – по 25%.

Задача № 8

Можно ли переливать кровь ребенку от матери, если у нее группа крови АВ, а у отца – 0?

Ответ: нельзя.

Задача № 9

У мальчика IV группа крови, а у его сестры – I. Каковы группы крови их родителей?

Ответ: II и III.

Задача № 10

В родильном доме перепутали двух мальчиков (X и Y). У X – I группа крови, у Y – II. Родители одного из них с I и IV группами, а другого – с I и III группами крови. Кто чей сын?

Ответ: у X родители с I и III группой, у Y – с I и IV.

Задачи на наследование, сцепленное с полом

Задача № 11

У попугаев сцепленный с полом доминантный ген определяет зеленую окраску оперения, а рецессивный – коричневую. Зеленого гетерозиготного самца скрещивают с коричневой самкой. Какими будут птенцы?

Ответ: половина самцов и самок будут зеленые, половина – коричневые.

Задача № 12

У дрозофилы доминантный ген красной окраски глаз и рецессивный ген белой окраски глаз находятся в X-хромосоме. Какой цвет глаз можно ожидать у гибридов первого поколения, если скрестить гетерозиготную красноглазую самку и самца с белыми глазами?

Ответ: вероятность рождения самцов и самок с красными и белыми глазами – по 50%.

Задача № 13

У здоровых в отношении дальтонизма мужа и жены есть:

- сын-дальтоник, имеющий здоровую дочь;
- здоровая дочь, у которой 2 сына: один дальтоник, а другой здоров;
- здоровая дочь, у которой пятеро здоровых сыновей.

Каковы генотипы этих мужа и жены?

Ответ: генотипы родителей XD Xd, XD Y.

Задача № 14

Кошка черепаховой окраски принесла котят черной, рыжей и черепаховой окраски. Можно ли определить: черный или рыжий кот был отцом этих котят?

Ответ: нельзя.

Комбинированные задачи

Задача № 15

У крупного рогатого скота ген комолости доминирует над геном рогатости, а чалая окраска шерсти формируется как промежуточный признак при скрещивании белых и рыжих животных. Определите вероятность рождения телят, похожих на родителей, от скрещивания гетерозиготного комолого чалого быка с белой рогатой коровой.

Ответ: вероятность рождения телят, похожих на родителей, – по 25%.

Задача № 16

От скрещивания двух сортов земляники (один с усами и красными ягодами, другой безусый с белыми ягодами) в первом поколении все растения были с розовыми ягодами и усами. Можно ли вывести безусый сорт с розовыми ягодами, проведя возвратное скрещивание?

Ответ: можно, с вероятностью 25% при скрещивании гибридных растений с безусым родительским растением, у которого белые ягоды.

Задача №17

Мужчина, страдающий дальтонизмом и глухотой, женился на хорошо слышащей женщине с нормальным зрением. У них родился сын глухой и страдающий дальтонизмом и дочь с хорошим слухом и страдающая дальтонизмом. Возможно ли рождение в этой семье дочери с обеими аномалиями, если глухота – аутосомный рецессивный признак?

Ответ: вероятность рождения дочери с обеими аномалиями 12,5%.

Задачи на взаимодействие генов

Задача № 18

Форма гребня у кур определяется взаимодействием двух пар неаллельных генов: ореховидный гребень определяется взаимодействием доминантных аллелей этих генов; сочетание одного гена в доминантном, а другого в рецессивном состоянии определяет развитие либо розовидного, либо гороховидного гребня; особи с простым гребнем рецессивны по обоим аллелям. Каким будет потомство при скрещивании двух дигетерозигот?

Дано: A^*B^* – ореховидный

A^*bb – розовидный

aaB^* – гороховидный

$aabb$ – простой

P: ♀ $AaBb$

♂ $AaBb$

Ответ:

9/16 – с ореховидными, 3/16 – с розовидными, 3/16 – с гороховидными, 1/16 – с простыми гребнями.

Задача № 19

Коричневая окраска меха у норок обусловлена взаимодействием доминантных аллелей. Гомозиготность по рецессивным аллелям одного или двух этих генов дает платиновую окраску. Какими будут гибриды от скрещивания двух дигетерозигот?

Дано: A^*B^* – коричневая

A^*bb – платиновая

aaB^* – платиновая

$aabb$ – платиновая

P: ♀ $AaBb$

♂ AaBb

Ответ: 9/16 – коричневых, 7/16 – платиновых норок.

Задача № 20

У люцерны наследование окраски цветков – результат комплементарного взаимодействия двух пар неаллельных генов. При скрещивании растений чистых линий с пурпурными и желтыми цветками в первом поколении все растения были с зелеными цветками, во втором поколении произошло расщепление: выросло 890 растений с зелеными цветками, 306 – с желтыми, 311 – с пурпурными и 105 – с белыми. Определите генотипы родителей.

Ответ: AAbb и aaBB.

Задача № 21

У кроликов рецессивный ген отсутствия пигмента подавляет действие доминантного гена наличия пигмента. Другая пара аллельных генов влияет на распределение пигмента, если он есть: доминантный аллель определяет серую окраску (т.к. вызывает неравномерное распределение пигмента по длине волоса: пигмент скапливается у его основания, тогда как кончик волоса оказывается лишенным пигмента), рецессивный – черную (т.к. он не оказывает влияния на распределение пигмента). Каким будет потомство от скрещивания двух дигетерозигот?

Дано: A*V* – серая окраска

A*bb – черная

aaV* – белая

aabb – белая

P: ♀ AaVb

♂ AaVb

Ответ: 9/16 – серых, 3/16 – черных, 4/16 – белых крольчат.

Задача № 22

Цвет кожи человека определяется взаимодействием генов по типу полимерии: цвет кожи темнее, чем больше доминантных генов в генотипе: если 4 доминантных гена – кожа черная, если 3 – темная, если 2 – смуглая, если 1 – светлая, если все гены в рецессивном состоянии – белая. Негритянка вышла замуж за мужчину с белой кожей. Какими могут быть их внуки, если их дочь выйдет замуж за мулата (AaVb)?

Дано:

AABB – черная кожа

AaVb, AAVb – темная кожа

AaVb, AAbb, aaVV – смуглая кожа

Aabb, aaVb – светлая кожа

aabb – белая кожа

P1: ♀ AABB × ♂ aabb

P2: ♀ AaVb × ♂ AaVb

Ответ: вероятность рождения внуков с черной кожей – 6,25%, с темной – 25%, со смуглой – 37,5%, со светлой – 25%, с белой – 6,25%.

Игра «Бег с барьерами»

Игра проходит в 5 этапов, т.к. проверяется умение решать 5 типов задач (на моногибридное скрещивание; неполное доминирование; дигибридное скрещивание; наследование, сцепленное с полом; взаимодействие генов).

I этап. Ученики получают карточки с задачей № 1 (всего 5 вариантов) и решают задачу, записывая ответ.

II этап. Ученик выбирает карточку, на лицевой стороне которой напечатан ответ, полученный им в предыдущей задаче, и решает задачу № 2.

III–V этапы. Ученик продолжает выбирать карточки с получающимися у него ответами и решает задачи № 3–5.

Последний ответ ученик сообщает учителю, который проверяет ответы, пользуясь «ключом».

Если ответ верный, значит, ученик все «барьеры преодолел» – все задачи решил верно.

Если ответ неверный, значит, ученик какую-то задачу решил неверно и перешел на «беговую дорожку» другого варианта – учитель, пользуясь ключом ответов, проверяет все его задачи.

Оценка выставляется по количеству решенных верно задач.

Задача № 1 (на моногибридное скрещивание).

Карточка 1. Розовидный гребень – доминантный признак у кур, простой – рецессивный. Каким будет потомство, если скрестить гетерозиготных кур с розовидными гребнями и гомозиготных петухов с простыми?

Карточка 2. Гетерозиготную черную крольчиху скрестили с таким же кроликом. Определить потомство по генотипу и фенотипу, если черный мех доминирует над серым.

Карточка 3. Скрещены гетерозиготный красноплодный томат с гомозиготным красноплодным. Определите потомство по генотипу и фенотипу, если красная окраска плодов доминирует над желтой.

Карточка 4. У овса устойчивость к головне доминирует над восприимчивостью. Растение сорта, восприимчивого к головне, скрещено с растением гомозиготным по устойчивости к этому заболеванию. Каким будет потомство?

Карточка 5. У фасоли черная окраска кожуры доминирует над белой. Определить окраску семян, полученных в результате скрещивания гомозиготных растений с черной окраской семенной кожуры.

Задача № 2 (на неполное доминирование).

В скобках указан ответ на первую задачу.

Карточка 6 (1/2 Aa; 1/2 aa). При скрещивании между собой чистопородных белых кур и таких же петухов потомство оказывается белым, а при скрещивании черных кур и черных петухов – черным. Потомство от белой и черной особей оказывается пестрым. Какое оперение будет иметь потомство пестрых кур?

Карточка 7 (AA; Aa; Aa; aa). При скрещивании между собой чистопородных белых кур и таких же петухов потомство оказывается белым, а при скрещивании черных кур и черных петухов – черным. Потомство от белой и черной особей оказывается пестрым. Какое оперение будет иметь потомство белого петуха и пестрой курицы?

Карточка 8 (1/2 AA; 1/2 Aa). Растения красноплодной земляники при скрещивании между собой всегда дают потомство с красными ягодами, а растения белоплодной земляники – с белыми. В результате скрещивания этих сортов друг с другом получаются розовые ягоды. Каким будет потомство, если скрестить гибриды с розовыми ягодами?

Карточка 9 (Aa). Растения красноплодной земляники при скрещивании между собой всегда дают потомство с красными ягодами, а растения белоплодной земляники – с белыми. В результате скрещивания этих сортов друг с другом получаются розовые ягоды. Какое потомство получится, если красноплодную землянику опылить пыльцой гибридной земляники с розовыми ягодами?

Карточка 10 (AA). У львиного зева растения с широкими листьями при скрещивании между собой дают потомство тоже с широкими листьями, а растения с узкими листьями – только потомство с узкими листьями. В результате скрещивания широколистной и узколистной особей возникают растения с листьями промежуточной ширины. Каким будет потомство от скрещивания двух особей с листьями промежуточной ширины?

Задача № 3 (на дигибридное скрещивание).

В скобках указан ответ на вторую задачу.

Карточка 11 (1/4 белых; 1/2 пестрых; 1/4 черных). Голубоглазый праворукий юноша (отец его был левшой) женился на кареглазой левше (все ее родственники – кареглазые). Какими будут дети от этого брака, если карие глаза и праворукость – доминантные признаки?

Карточка 12 (1/2 пестрых; 1/2 белых). Скрещивали кроликов: гомозиготную самку с обычной шерстью и висячими ушами и гомозиготного самца с удлиненной шерстью и стоячими ушами. Какими будут гибриды первого поколения, если обычная шерсть и стоячие уши – доминантные признаки?

Карточка 13 (1/4 красных; 1/2 розовых; 1/4 белых). У душистого горошка высокий рост доминирует над карликовым, зеленые бобы – над желтыми. Какими будут гибриды при скрещивании гомозиготного высокого растения с желтыми бобами и карлика с желтыми бобами?

Карточка 14 (1/2 красных; 1/2 розовых). У фигурной тыквы белая окраска плодов доминирует над желтой, дисковидная форма – над шаровидной. Как будут выглядеть гибриды от скрещивания гомозиготной желтой шаровидной тыквы и желтой дисковидной (гетерозиготной по второй аллели).

Карточка 15 (1/4 узких; 1/2 промежуточной ширины; 1/4 широких). У томатов красный цвет плодов доминирует над желтым, нормальный рост – над карликовым. Какими будут гибриды от скрещивания гомозиготных желтых томатов нормального роста и желтых карликов?

Задача № 4 (на наследование, сцепленное с полом).

В скобках указан ответ на третью задачу.

Карточка 16 (AaBa; Aabb). У дрозофилы доминантный ген красной окраски глаз и рецессивный ген белой окраски глаз находятся в X-хромосоме. Какой цвет глаз будет у гибридов первого поколения, если скрестить гетерозиготную красноглазую самку и самца с белыми глазами?

Карточка 17 (AaBb). Отсутствие потовых желез у людей передается по наследству как рецессивный признак, сцепленный с X-хромосомой. Не страдающий этим заболеванием юноша женился на девушке без потовых желез. Каков прогноз в отношении детей этой пары?

Карточка 18 (Aabb). Какое может быть зрение у детей от брака мужчины и женщины, нормально различающих цвета, если известно, что отцы у них были дальтониками?

Карточка 19 (aaBb; aabb). Какое может быть зрение у детей от брака мужчины и женщины, нормально различающих цвета, если известно, что отец у мужчины был дальтоник?

Карточка 20 (aaBb). Могут ли дети мужчины-дальтоника и женщины, нормально различающей цвета (отец которой был дальтоник), страдать дальтонизмом?

Задача № 5 (на взаимодействие генов).

В скобках указан ответ на четвертую задачу.

Карточка 21 (♀ 1/2 кр.; 1/2 бел.; ♂ 1/2 кр.; 1/2 бел.). Форма гребня у кур определяется взаимодействием двух пар неаллельных генов: ореховидный гребень определяется взаимодействием доминантных аллелей этих генов; сочетание одного из генов в рецессивном, а другого в доминантном состоянии определяет развитие либо розовидного, либо гороховидного гребня. Особи с простым гребнем являются рецессивными по обоим генам. Каким будет потомство от скрещивания двух дигетерозигот?

Карточка 22 (♀ здоровы; ♂ больны). Окраска мышей зависит в простейшем случае от взаимодействия двух генов. При наличии гена А мыши окрашены, у них вырабатывается пигмент. При наличии гена а – пигмента нет, и мышь имеет белый цвет. Конкретный цвет мыши зависит от второго гена. Его доминантный аллель В определяет серый цвет мыши, а рецессивный b – черный цвет. Скрестили черных мышей Aabb с белыми aaBB. Каким будет F2?

Карточка 23 (♀ здоровы; ♂ 1/2 больны). У тыквы дисковидная форма плода определяется взаимодействием двух доминантных генов А и В. При отсутствии в генотипе любого из них получаются плоды сферической формы. Сочетание рецессивных аллелей обоих генов дает удлиненную форму плодов. Определить фенотипы потомства, полученного от скрещивания двух сортов тыквы с дисковидными плодами, имеющими генотипы AaBb.

Карточка 24 (♀ здоровы; ♂ здоровы). Коричневая окраска меха у норок обусловлена взаимодействием двух доминантных генов А и В. Гомозиготность по рецессивным аллелям одного или двух этих генов дает платиновую окраску. При скрещивании двух платиновых норок aaBB и AAbb все гибриды нового поколения были коричневыми. Каким будет потомство этих коричневых норок?

Карточка 25 (♀ 1/2 больны; ♂ 1/2 больны). Ген А у кур подавляет действие гена черного цвета В. У кур с генотипом А – белый цвет. При отсутствии гена В куры тоже имеют белый цвет (т.е. гомозиготные по рецессивному гену – белые). Каким будет второе поколение от скрещивания белых леггорнов (AABB) и белых виандо

Задачи на анализирующее скрещивание

Задача № 23

Рыжая окраска у лисы – доминантный признак, черно-бурая – рецессивный. Проведено анализирующее скрещивание двух рыжих лисиц. У первой родились 7 лисят – все рыжей окраски, у второй – 5 лисят: 2 рыжей и 3 черно-бурой окраски. Каковы генотипы всех родителей?

Ответ: самец черно-бурой окраски, самки гомо- и гетерозиготны.

Задача № 24

У спаниелей черный цвет шерсти доминирует над кофейным, а короткая шерсть – над длинной. Охотник купил собаку черного цвета с короткой шерстью и, чтобы быть уверенным, что она чистопородная, провел анализирующее скрещивание. Родились 4 щенка: 2 короткошерстных черного цвета, 2 короткошерстных кофейного цвета. Каков генотип купленной охотником собаки?

Ответ: купленная охотником собака гетерозиготная по первому аллелю.

Задачи на кроссинговер

Задача № 25

Определите частоту (процентное соотношение) и типы гамет у дигетерозиготной особи, если известно, что гены А и В сцеплены и расстояние между ними 20 Морганид.

Ответ: кроссоверные гаметы – Аа и аВ – по 10%, некроссоверные – АВ и аb – по 40%.

Задача № 26

У томатов высокий рост доминирует над карликовым, шаровидная форма плодов – над грушевидной. Гены, ответственные за эти признаки, находятся в сцепленном состоянии на расстоянии 5,8 Морганид. Скрестили дигетерозиготное растение и карликовое с грушевидными плодами. Каким будет потомство?

Ответ: 47,1% – высокого роста с шаровидными плодами; 47,1% – карлики с грушевидными плодами; 2,9% – высокого роста с грушевидными плодами, 2,9% – карлики с шаровидными плодами.

Задача № 28

Дигетерозиготная самка дрозофилы скрещена с рецессивным самцом. В потомстве получено АаВb – 49%, Аabb – 1%, ааВb – 1%, аabb – 49%. Как располагаются гены в хромосоме?

Ответ: гены наследуются сцепленно, т.е. находятся в одной хромосоме. Сцепление неполное, т.к. имеются кроссоверные особи, несущие одновременно признаки отца и матери: 1% + 1% = 2%, а это значит, что расстояние между генами 2 Морганиды.

Задача №29 (на построение хромосомных карт)

Опытами установлено, что процент перекреста между генами равен: 1. А – В = 1,2%

$$В – С = 3,5\%$$

$$А – С = 4,7\% \quad 2. С – N = 13\%$$

$$С – P = 3\%$$

$$P – N = 10\%$$

$$С – A = 15\%$$

$$N – A = 2\%$$

$$3. P – G = 24\%$$

$$R – P = 14\%$$

$$R – S = 8\%$$

$$S – P = 6\% \quad 4. A – F = 4\%$$

$$С – B = 7\%$$

$$A – C = 1\%$$

$$C - D = 3\%$$

$$D - F = 6\%$$

$$A - D = 2\%$$

$$A - B = 8\%$$

Определите положение генов в хромосоме.

Необходимые пояснения: сначала вычерчивают линию, изображающую хромосому. В середину помещают гены с наименьшей частотой рекомбинаций, а затем устанавливают местонахождение всех генов, взаимосвязанных между собой в порядке возрастания их частот рекомбинаций.

Ответ:

1 – А между В и С;

2 – С Н N А;

4 – D A C F B;

3 – R S P, точное положение гена не может быть установлено – недостаточно информации.

Закон Харди–Вайнберга

Мы будем рассматривать менделевские популяции:

– особи диплоидны;

– размножаются половым путем;

численность популяции бесконечно большая; а также панмиктические популяции, где случайное свободное скрещивание особей протекает при отсутствии отбора.

Рассмотрим в популяции один аутосомный ген, представленный двумя аллелями А и а.

Введем обозначения:

N – общее число особей популяции

D – число доминантных гомозигот (AA)

H – число гетерозигот (Aa)

R – число рецессивных гомозигот (aa)

Тогда: $D + H + R = N$.

Так как особи диплоидны, то число всех аллелей по рассматриваемому гену будет $2N$.

Суммарное число аллелей А и а:

$$A = 2D + H;$$

$$a = H + 2R.$$

Обозначим долю (или частоту) аллеля А через p , а аллеля а – через g , тогда:

$$p = \frac{2D + H}{2N}; \quad g = \frac{H + 2R}{2N}.$$

Поскольку ген может быть представлен аллелями А или а и никакими другими, то $p + g = 1$. Состояние популяционного равновесия математической формулой описали в 1908 г. независимо друг от друга математик Дж.Харди в Англии и врач В.Вайнберг в Германии (закон Харди–Вайнберга).

Если p – частота гена А, а g – частота гена а, с помощью решетки Пеннета можно представить в обобщенном виде характер распределения аллелей в популяции:

	pA	ga
pA	p²AA	pgAa
ga	pgAa	g²aa

Соотношение генотипов в описанной популяции:

$$p^2AA : 2pgAa : g^2aa.$$

Закон Харди–Вайнберга в простейшем виде:

$$p^2AA + 2pgAa + g^2aa = 1.$$

Задача № 30

Популяция содержит 400 особей, из них с генотипами AA – 20, Aa – 120 и aa – 260 особей. Определите частоты генов A и a.

Дано:

Решение:

$$p = \frac{2D + H}{2N} = 0,2$$

$$g = \frac{H + 2R}{N} = 0,8$$

$$N = 400$$

$$D = 20$$

$$H = 120$$

$$R = 260$$

$$p - ?$$

$$g - ?$$

Ответ: частота гена A – 0,2; гена a – 0,8.

Задача № 3

У крупного рогатого скота породы шортгорн рыжая масть доминирует над белой. Гибриды от скрещивания рыжих и белых – чалой масти. В районе, специализирующемся на разведении шортгорнов, зарегистрировано 4169 рыжих животных, 3780 чалых и 756 белых. Определите частоту генов рыжей и белой окраски скота в данном районе. Дано: Решение:

AA – рыжая

aa – белая

Aa – чалая

$$D = 4169$$

$$H = 3780$$

$$R = 756$$

$$p - ?$$

$$g - ?$$

$$p = \frac{2D + H}{2N} = 0,7$$

$$g = \frac{H + 2R}{N} = 0,3$$

Ответ: частота гена рыжей окраски – 0,7; белой – 0,3.

Задача № 38

В выборке, состоящей из 84 000 растений ржи, 210 растений оказались альбиносами, т.к. у них рецессивные гены находятся в гомозиготном состоянии. Определите частоты аллелей А и а, а также частоту гетерозиготных растений. Дано: Решение:

$$N = 84000$$

$$R = 210$$

$$p - ?$$

$$g - ?$$

$$2pg - ? \quad g^2 = 210 : 8400 = 0,0025$$

$$g = 0,05$$

$$p = 1 - g = 0,95$$

$$2pg = 0,095$$

Ответ: частота аллеля а – 0,05; частота аллеля А – 0,95; частота генотипа Аа – 0,095.

Задача № 32

Вычислите частоты генотипов АА, Аа и аа (в %), если особи аа составляют в популяции 1%. Дано: Решение:

$$g^2 = 0,01$$

$$p^2 - ?$$

$$2pg - ? \quad g = 0,1$$

$$p = 1 - g = 0,9$$

$$2pg = 0,18$$

$$p^2 = 0,81$$

Ответ: в популяции 81% особей с генотипом АА, 18% с генотипом Аа и 1% с генотипом аа.

Занимательные генетические задачи

Задача № 33. «Сказка про драконов»

У исследователя было 4 дракона: огнедышащая и неогнедышащая самки, огнедышащий и неогнедышащий самцы. Для определения способности к огнедышанию у этих драконов были проведены всевозможные скрещивания.

1. Огнедышащие родители – все потомство огнедышащее.
2. Неогнедышащие родители – все потомство неогнедышащее.
3. Огнедышащий самец и неогнедышащая самка – в потомстве примерно поровну огнедышащих и неогнедышащих дракончиков.
4. Неогнедышащий самец и огнедышащая самка – все потомство неогнедышащее.

Считая, что признак определяется аутосомным геном, установите доминантный аллель и запишите генотипы родителей.

Решение:

- по скрещиванию № 4 определяем: А – неогнедышащие, а – огнедышащие; огнедышащие – ♀ aa и ♂ aa; неогнедышащий самец – ♂ AA;
- по скрещиванию № 3: неогнедышащая самка – ♀ Aa.

Задача № 34. «Консультант фирмы «Коктейль».

Представьте себе, что вы – консультант небольшой фирмы «Коктейль», что в буквальном переводе с английского означает «петушиный хвост». Фирма разводит экзотические породы петухов ради хвостовых перьев, которые охотно закупают владельцы шляпных магазинов во всем мире. Длина перьев определяется геном А (длинные) и а (короткие), цвет: В – черные, b – красные, ширина: С – широкие, с – узкие. Гены не сцеплены. На ферме много разных петухов и кур со всеми возможными генотипами, данные о которых занесены в компьютер. В будущем году ожидается повышенный спрос на шляпки с длинными черными узкими перьями. Какие скрещивания нужно провести, чтобы получить в потомстве максимальное количество птиц с модными перьями? Скрещивать пары с абсолютно одинаковыми генотипами и фенотипами не стоит.

Решение:

F1 : A*B*cc

1. P: ♀ AABVcc × ♂ aabbcc
2. P: ♀ AABVcc × ♂ AAbbcc
3. P: ♀ AAbbcc × ♂ aaBVcc и т.д.

Задача № 35. «Контрабандист».

В маленьком государстве Лисляндия вот уже несколько столетий разводят лис. Мех идет на экспорт, а деньги от его продажи составляют основу экономики страны. Особенно ценятся серебристые лисы. Они считаются национальным достоянием, и перевозить их через границу строжайше запрещено. Хитроумный контрабандист, хорошо учившийся в школе, хочет обмануть таможеню. Он знает азы генетики и предполагает, что серебристая окраска лис определяется двумя рецессивными аллелями гена окраски шерсти. Лисы с хотя бы одним доминантным аллелем – рыжие. Что нужно сделать, чтобы получить серебристых лис на родине контрабандиста, не нарушив законов Лисляндии?

Решение:

- провести анализирующее скрещивание и выяснить, какие рыжие лисы гетерозиготны по аллелям окраски, перевезти их через границу;
- на родине контрабандиста скрестить их друг с другом, и 1/4 потомков будет серебристой окраски.

Задача № 36. «Расстроится ли свадьба принца Уно?»

Единственный наследный принц Уно собирается вступить в брак с прекрасной принцессой Беатрис. Родители Уно узнали, что в роду Беатрис были случаи гемофилии. Братьев и сестер у Беатрис нет. У тети Беатрис растут два сына – здоровые крепыши. Дядя Беатрис целыми днями пропадает на охоте и чувствует себя прекрасно. Второй же дядя умер еще мальчиком от потери крови, причиной которой стала глубокая царапина. Дяди, тетя и мама Беатрис – дети одних родителей. С какой вероятностью болезнь может передаться через Беатрис королевскому роду ее жениха?

Решение:

Построив предполагаемое генеалогическое древо, можно доказать, что ген гемофилии был в одной из X-хромосом бабушки Беатрис; мать Беатрис могла получить его с вероятностью 0,5; сама Беатрис – с вероятностью 0,25.

Задача № 37. «Царские династии».

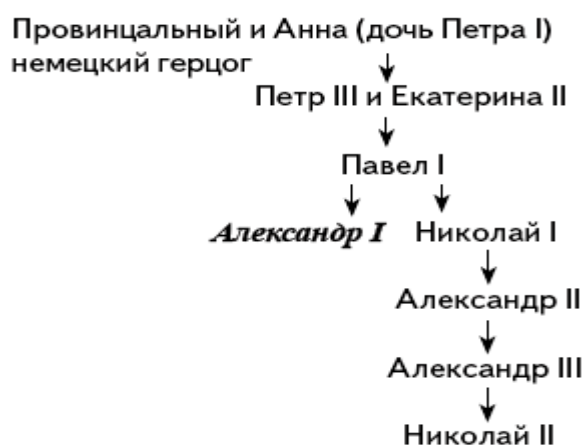
Предположим, что у императора Александра I в Y-хромосоме была редкая мутация. Могла ли эта мутация быть у:

- а) Ивана Грозного;
- б) Петра I;
- в) Екатерины II;
- г) Николая II?

Решение:

Сразу же вычеркнем Екатерину II, ввиду ее принадлежности к женскому полу.

Ивана Грозного вычеркнем тоже – он представитель рода Рюриковичей и к династии Романовых не принадлежал.



Ответ: мутация могла быть у Николая II.

Задача № 38. «Листая роман «Война и мир».

Предположим, что в X-хромосоме у князя Николая Андреевича Болконского была редкая мутация. Такая же мутация была и у Пьера Безухова. С какой вероятностью эта мутация могла быть у:

- а) Наташи Ростовской;
- б) сына Наташи Ростовской;

- в) сына Николая Ростова;
- г) автора «Войны и мира»?

Ответ:

- Андрей Болконский не получил от отца X-хромосому. Его жена не была родственницей ни Болконских, ни Безуховых. Следовательно, у сына князя Андрея мутации нет.
- Наташа Ростова вышла замуж за Пьера Безухова. Пьер передал X-хромосому своим дочерям, но не сыновьям. Следовательно, дочери Наташи Ростовой получили мутацию, а сыновья – нет.
- Сын Николая Ростова получил свою X-хромосому от матери – дочери старого князя Болконского (из 2 хромосом княжны Марьи мутация была только в одной, следовательно, она передала X-хромосому своему сыну с вероятностью 50%).
- Лев Николаевич: действие романа заканчивается за несколько лет до рождения Толстого, на страницах романа сам автор не появляется. Но отцом писателя был отставной офицер граф Николай Ильич Толстой, а мать – урожденная Волконская, т.е. родители писателя были прототипами Николая Ростова и его жены, урожденной Марии Болконской. Их будущий сын Лев получит мутацию с вероятностью 50%.