

БИОЛОГИЯ

10-11

Практикум



ПРОСВЕЩЕНИЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО

БИОЛОГИЯ

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

Практикум

10–11 классы

Учебное пособие
для общеобразовательных
организаций

Углублённый уровень

3-е издание

Москва
«Просвещение»
2017

УДК 373.167.1:573
ББК 28.0я72
Б63

12+

Авторы:

Г. М. Дымшиц, О. В. Саблина, Л. В. Высоцкая, П. М. Бородин

Биология. Общая биология. Практикум. 10—11 классы : учеб. пособие для общеобразоват. организаций : углубл. уровень / [Г. М. Дымшиц, О. В. Саблина, Л. В. Высоцкая, П. М. Бородин]. — 3-е изд. — М. : Просвещение, 2017. — 143 с. : ил. — ISBN 978-5-09-051390-6.

В сборник включены лабораторные работы, задачи по генетике и молекулярной биологии и примеры их решения, тестовые задания для подготовки к Единому государственному экзамену, электронно-микроскопические фотографии клеточных органоидов и фотографии стадий митоза и мейоза у животных. Практикум может быть использован при работе с любыми учебниками по общей биологии.

УДК 373.167.1:573
ББК 28.0я72

ISBN 978-5-09-051390-6

© Издательство «Просвещение», 2008
© Художественное оформление.
Издательство «Просвещение», 2008
Все права защищены

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие для учителя	5
Лабораторный практикум	6
<i>Правила оформления лабораторных работ</i>	—
<i>Работа № 1. Обнаружение белков, углеводов, липидов и витаминов в биологических объектах</i>	—
<i>Работа № 2. Выделение дезоксирибонуклеопротеида из ткани печени. Качественная реакция на ДНК</i>	10
<i>Работа № 3. Каталитическая активность ферментов в живых тканях</i>	11
<i>Работа № 4. Устройство светового микроскопа и техника микроскопирования</i>	15
<i>Работа № 5. Особенности строения клеток прокариот и эукариот. Клетки растений и животных</i>	18
<i>Работа № 6. Строение клетки. Размеры клеток и внутриклеточных структур</i>	20
<i>Работа № 7. Физиологические свойства клеточной мембраны</i>	25
<i>Работа № 8. Изучение морфологии и подсчет хромосом на временных препаратах из корешков кормовых бобов</i>	27
<i>Работа № 9. Хромосомы млекопитающих. Кариотип</i>	28
<i>Работа № 10. Гигантские хромосомы в слюнных железах личинок комара хирономуса (мотыля)</i>	32
<i>Работа № 11. Митоз в клетках корешка лука</i>	33
<i>Работа № 12. Изучение мейоза в пыльниках цветковых растений</i>	35
<i>Работа № 13. Мейоз и развитие мужских половых клеток</i>	36
<i>Работа № 14. Сперматогенез и овогенез. Строение половых клеток. Начальные стадии дробления яйцеклетки</i>	43
<i>Работа № 15. Дрозофила как объект генетических исследований. Постановка моногибридного и дигибридного скрещиваний</i>	45

<i>Работа № 16.</i> Анализ наследования признаков в первом поколении моногибридного и дигибридного скрещиваний. Постановка опыта на наследование, сцепленное с полом	48
<i>Работа № 17.</i> Анализ наследования признаков во втором поколении моногибридного и дигибридного скрещиваний. Анализ наследования в первом поколении признаков, сцепленных с полом. Постановка опыта на сцепленное наследование	49
<i>Работа № 18.</i> Анализ наследования во втором поколении признаков, сцепленных с полом. Анализ сцепленного наследования в первом поколении. Постановка опыта на кроссинговер	50
<i>Работа № 19.</i> Геномные и хромосомные мутации ...	52
<i>Работа № 20.</i> Кариотип человека. «Хромосомные» болезни человека	56
<i>Работа № 21.</i> Составление родословных и их анализ	59
<i>Работа № 22.</i> Изменчивость. Построение вариационного ряда и вариационной кривой	61
<i>Работа № 23.</i> Анализ генетической изменчивости в популяциях домашних кошек	62
<i>Работа № 24.</i> Моделирование естественного отбора	66
<i>Работа № 25.</i> Изучение разнообразия мелких почвенных членистоногих в разных экосистемах	68
<i>Работа № 26.</i> Воздействие человека на водную среду и берега водоемов	70
<i>Темы самостоятельных исследований</i>	71
Задачник	73
<i>Химия клетки и молекулярная биология</i>	—
Примеры решения задач	—
Задачи	81
<i>Генетика и эволюция</i>	88
Примеры решения задач	—
Задачи	103
Тестовые задания для подготовки к ЕГЭ	125
Приложение	142
Ответы	144

Предисловие для учителя

Практикум служит приложением к учебнику профильного уровня «Биология. Общая биология. 10—11 классы» под редакцией В. К. Шумного и Г. М. Дымшица (М.: Просвещение, 2006). Практикум содержит лабораторные работы, задачи по химии клетки и молекулярной биологии и примеры их решения, а также тестовые задания для подготовки к Единому государственному экзамену. Задание практикума можно использовать и для подготовки к биологическим олимпиадам разного уровня.

Предлагаемые лабораторные работы имеют разный уровень сложности: они могут быть как простыми, требующими минимального оборудования и реактивов, так и достаточно сложными. В целом работы и последовательность их представления соответствуют Государственному стандарту профильного образования и изложению материала в учебнике. В работах приводятся электронно-микроскопические фотографии клеточных органоидов и фотографии стадий митоза и мейоза у животных, позволяющие проводить количественные цитологические исследования. Впервые предложены работы по цитогенетике млекопитающих. Для большинства школ сейчас доступна множительная техника, позволяющая получать качественные копии представленных фотографий, что делает возможным проведение этих работ.

В тех разделах, где это возможно, авторы пытались дать максимальное количество методик и материала для работы. Преподаватель может выбирать те, для проведения которых есть возможности и условия. Для выполнения отдельных заданий, например анализа кариотипов с хромосомными мутациями, можно разделить класс на группы, каждая из которых работает над одним из предложенных заданий.

Некоторые практические работы необходимо выполнять под тягой; это работы с использованием хлороформных растворов жиров и анализ скрещивания дрозофил. Подобные исследования рекомендуется проводить на базе высшего учебного заведения, оснащенного требуемой аппаратурой.



Лабораторный практикум

Правила оформления лабораторных работ

Для выполнения лабораторных работ ученик должен иметь тетрадь, альбом для рисования, карандаши (простой и цветные).

Каждая лабораторная работа должна быть оформлена в тетради. В ней записывают название работы, материалы и методики (перечисляются исследованные материалы и использованные методики), результаты (обычно в виде таблиц) и выводы.

В альбоме выполняют зарисовки микроскопических препаратов, наклеивают фотографии хромосом при анализе кариотипов. Рисовать можно только на одной стороне листа. До начала зарисовки вверху страницы записывают название работы. Рисунок должен быть крупным, детали хорошо различимы. На каждом рисунке следует обозначить его части. К отдельным частям объекта ставят стрелочки, против каждой пишут название. Надписи выполняют только простым карандашом. Все надписи должны быть параллельны друг другу.

Если работа выполнена правильно, в конце занятия ее подписывает преподаватель. Если работа не соответствует необходимым требованиям, ее следует переделать.

РАБОТА № 1

Обнаружение белков, углеводов, липидов и витаминов в биологических объектах

Цель. Показать наличие белков, углеводов, липидов и витаминов в различных биологических объектах.

I. Обнаружение белков

Оборудование. Штатив с пробирками, капельница, пипетки емкостью 1 мл, водяная баня.

Реактивы. Раствор яичного белка, 1%-ный раствор желатина, 10%-ный раствор гидроксида натрия, 1%-ный раствор сульфата меди, 0,5%-ный водный раствор нингидрина, концентрированная азотная кислота.

Ход работы

1. *Биуретовая реакция* (на обнаружение пептидной связи). В щелочной среде атомы азота, входящие в состав пептидной группы, образуют окрашенные комплексные соединения с ионами меди. (Вещество биурет с ионами меди дает аналогичную реакцию.)

Белок куриного яйца отделите от желтка, разведите дистиллированной водой в 10 раз, профильтруйте через несколько слоев марли. В пробирку внесите 5 капель раствора белка, 3 капли раствора гидроксида натрия и одну каплю раствора сульфата меди(II) и перемешайте. Содержимое пробирки приобретает сине-фиолетовую окраску.

2. *Нингидриновая реакция* (на обнаружение аминогруппы). Белки, полипептиды и свободные аминокислоты вступают в реакцию конденсации с нингидрином. Продукт конденсации окрашен в фиолетовый цвет.

К 5 каплям раствора яичного белка прилейте 5 капель водного раствора нингидрина и нагрейте до кипения. Через 2—3 мин появляется розовое или сине-фиолетовое окрашивание.

3. *Ксантопротеиновая реакция*. С помощью этой цветной реакции в белке обнаруживают циклические аминокислоты, имеющие в составе бензольные кольца (происходит нитрование бензольных колец). В щелочной среде желтые нитропроизводные циклических аминокислот образуют соли, окрашенные в оранжевый цвет.

К 5 каплям раствора яичного белка добавьте 3 капли концентрированной азотной кислоты (осторожно!). Выпадает осадок. При нагревании осадок растворяется и раствор приобретает желтый цвет. После охлаждения можно добавить в пробирку 5—10 капель раствора гидроксида натрия до появления оранжевого окрашивания.

Проведите эту же реакцию с раствором желатина. Желатин не содержит циклических аминокислот, поэтому желтый осадок не выпадает. (Имеющийся в продаже желатин может содержать примеси других белков, поэтому иногда появляется очень слабое желтоватое окрашивание.)

II. Обнаружение углеводов

Оборудование. Штатив с пробирками, пипетки емкостью 1 мл, водяная баня.

Реактивы. 1%-ный раствор крахмала (крахмального клейстера), 1%-ный раствор сахарозы, 1%-ный раствор фруктозы, 1%-ный раствор иода в иодиде калия (раствор Люголя), 1%-ный спиртовой раствор α -нафтола (перед использованием развести в 5 раз водой), 1%-ный спиртовой раствор тимола, концентрированная серная кислота, реактив Селиванова (0,5 г резорцина, растворенного в 100 мл 20%-ной соляной кислоты).

Ход работы

1. *Иодкрахмальная реакция* (на обнаружение крахмала). В пробирку внесите 10 капель раствора крахмала и одну каплю раствора Люголя. Наблюдается сине-фиолетовое окрашивание.

2. *Реакция Молиша* (на обнаружение пентоз). С помощью реакции с тимолом (или с α -нафтолом) обнаруживают незначительные количества углеводов или углеводных компонентов в сложных соединениях. **Внимание!** Пробирки должны быть очень чистыми!

В две пробирки внесите по 10 капель раствора сахарозы. Затем в одну из них добавьте 3 капли спиртового раствора тимола, а в другую — такое же количество спиртового раствора α -нафтола. В обе пробирки (осторожно!) налейте по 0,5 мл концентрированной серной кислоты. На границе двух жидкостей наблюдают появление красного окрашивания в пробирке с тимолом и фиолетового в пробирке с α -нафтолом.

3. *Реакция Селиванова* (на обнаружение пентоз). Фруктоза при нагревании с соляной кислотой и резорцином дает вишнево-красное окрашивание (в красный цвет окрашен продукт конденсации резорцина с фурфуролом, образовавшимся из фруктозы).

В пробирку налейте 10 капель реактива Селиванова и 2 капли раствора фруктозы и осторожно нагрейте до начала кипения. Появляется красное окрашивание.

III. Обнаружение липидов

Оборудование. Штатив с пробирками, водяная баня, пипетки емкостью 1 мл, стеклянные стаканчики, стеклянные палочки, марля для фильтрования.

Реактивы. Спиртовой раствор растительного масла (несколько миллилитров масла растворить в равном объеме абсолютного спирта), 1%-ный хлороформный раствор холестерина, 1%-ный хлороформный раствор растительного масла, концентрированная серная кислота, ацетон, краситель судан III.

Ход работы

1. *Образование жировой эмульсии. Цветная реакция на липиды.* К 1 мл спиртового раствора растительного масла добавьте 2 мл холодной воды и сильно встряхните. Образуется мутная белая эмульсия.

В пробирку с 0,5 мл воды добавьте 3 капли масла и одну каплю судана III. Находящийся поверх воды слой масла окрашивается красителем в красный цвет.

2. *Получение лецитина.* Лецитин относят к группе фосфолипидов, он входит в состав клеточных мембран. Лецитина много в тканях мозга, а также в желтке куриных яиц.

В стаканчик положите половину желтка куриного яйца и, помешивая палочкой, прилейте 40 мл горячего спирта. После того как раствор остынет, отфильтруйте его в сухую пробирку. Фильтрат должен быть прозрачным. В сухую пробирку налейте 10 капель ацетона, затем по каплям добавьте полученный спиртовой раствор лецитина. Выпадает белый осадок нерастворимого в ацетоне лецитина.

3. *Цветная реакция на холестерин.* Холестерин — жироподобное вещество, имеющее большое значение для организма. Он входит в состав клеточных мембран, является предшественником желчных кислот, витамина D, половых гормонов, гормонов коры надпочечников. В основе реакции лежит его способность отдавать воду и конденсироваться в окрашенные соединения.

В сухую пробирку налейте 10 капель хлороформного раствора холестерина и (осторожно!) по стенке сосуда прилейте 0,5 мл концентрированной серной кислоты, осторожно встряхните. Верхний хлороформный слой окрашивается в красно-оранжевый цвет. Проведите эту же реакцию с хлороформным раствором растительного масла.

IV. Обнаружение витаминов

Оборудование. Штатив с пробирками, пипетки емкостью 1 мл.

Реактивы. Сок фруктов или овощей, например картофеля либо капусты (окрашенный сок смородины или свеклы не годится, так как собственная окраска маскирует окраску метиленового синего), 0,01%-ный раствор метиленового синего, 5%-ный раствор карбоната натрия, таблетки или раствор для инъекций витамина В₆ (аптечный препарат), 1%-ный раствор хлорида железа(III).

Ход работы

1. *Обнаружение витамина С.* Витамин С (аскорбиновая кислота) содержится в свежих овощах и фруктах, в листьях многих растений. Он необходим клеткам, так как участвует во многих окислительно-восстановительных реакциях, активируя или ингибируя некоторые ферменты. Аскорбиновую кислоту обнаруживают по исчезновению окрашивания окисленной формы красителя метиленового синего, который она восстанавливает в бесцветную форму.

В пробирку налейте 1 мл свежееотжатого сока, добавьте 2 капли метиленового синего и 2 капли карбоната натрия. Пробирку слегка подогрейте. Синяя окраска исчезает.

2. *Феррихлоридная проба на витамин В₆.* Витамин В₆ содержится в яйцах, печени, дрожжах, бобовых. Этот витамин играет важную роль в обмене аминокислот и липидов.

Приготовьте 1%-ный раствор витамина В₆ в воде. В пробирку налейте 1 мл раствора витамина, добавьте одну каплю раствора хлорида железа(III), перемешайте. Раствор окрашивается в красный цвет из-за образования комплексной соли.

РАБОТА № 2

Выделение дезоксиноклеопротеида из ткани печени. Качественная реакция на ДНК

Цель. Доказать, что ДНК в организме содержится в виде соединения с белками — нуклеопротеида (ДНП).

Оборудование. Штатив с пробирками, ступка с пестиком, стеклянный порошок или мелкий песок, пипетка, кристаллизатор, мерные цилиндры объемом 50 и 300 мл, пипетки емкостью 1 мл, деревянные палочки с насечками, водяная баня, марля для фильтрования.

Реактивы. Хлорид натрия (5%-ный раствор, содержащий 0,04% нитрата натрия), 0,4%-ный раствор гидрокси-

да натрия, дифениламинный реактив (1 г дифениламина растворить в 100 мл ледяной уксусной кислоты, к раствору добавить 2,75 мл концентрированной серной кислоты), печень свежая или мороженая.

Ход работы

1. *Выделение дезоксиноклеопротеида (ДНП) из ткани печени.* Метод основан на способности ДНП растворяться в солевых растворах большой ионной силы и выпадать в осадок при снижении их концентрации.

2—3 г ткани печени тщательно разотрите в ступке со стеклянным порошком или с мелким песком, постепенно небольшими порциями приливая 35—40 мл раствора хлорида натрия. Полученный вязкий раствор профильтруйте через два слоя марли в малый кристаллизатор. Цилиндром отмерьте шестикратный (по отношению к фильтрату) объем дистиллированной воды и медленно вылейте ее в фильтрат. Образовавшиеся нити ДНП осторожно намотайте на деревянную палочку, перенесите в пробирку для использования в следующем опыте.

2. *Качественная реакция на ДНК.* Метод основан на способности дезоксирибозы, входящей в ДНК, образовывать соединения синего цвета с дифениламином при нагревании в среде, содержащей смесь ледяной уксусной и концентрированной серной кислот.

К $\frac{1}{4}$ части осадка ДНП прилейте 1 мл раствора гидроксида натрия (до растворения). Добавьте 0,5 мл дифениламинового реактива. Содержимое пробирки перемешайте и нагревайте на кипящей водяной бане 15—20 мин. Появляется характерное синее окрашивание.

РАБОТА № 3

Каталитическая активность ферментов в живых тканях

Цель. Доказать каталитическое действие белков-ферментов, показать их высокую специфичность, а также зависимость их действия от условий среды.

Оборудование. Штатив с пробирками, мерный цилиндр объемом 50 мл, пипетки емкостью 1 мл, водяная баня или термостат, термометр.

Реактивы. Лед, 1%-ный раствор крахмала (крахмального клейстера), 1%-ный раствор иода в иодиде калия (раствор Люголя), 5%-ный раствор сульфата меди(II), 10%-ный раствор гидроксида натрия, 2%-ный раствор сахарозы, 0,2%-ная соляная кислота, свежий 3%-ный раствор пероксида водорода.

Ход работы

1. *Ферментативный гидролиз крахмала.* В качестве фермента, гидролизующего крахмал на его составные части (мальтозу, глюкозу), выступает амилаза слюны.

Приготовление раствора слюны. Тщательно прополощите рот водой. Наберите 2—4 мл слюны в мерный цилиндр. Добавьте в цилиндр воды до объема 10 мл. Этот раствор содержит фермент амилазу.

Результаты опытов оценивают с помощью цветных реакций: иодкрахмальной и реакции Троммера (восстановление синего гидроксида меди(II) до кирпично-красного оксида меди(I)). Негидролизованный крахмал дает положительную реакцию с иодом (синее окрашивание) и отрицательную реакцию Троммера. Соответственно продукты гидролиза крахмала не дают реакции с иодом, но дают положительную реакцию Троммера (кирпично-красное окрашивание).

В две пробирки налейте по 10 капель раствора крахмала. В одну из них (пробирка № 1) внесите 4 капли воды (контроль), а в другую (пробирка № 2) — 4 капли раствора слюны. Перемешайте и поставьте в термостат или на водяную баню на 15 мин при температуре 37 °С. Затем из пробирки № 1 возьмите 4 капли исследуемого вещества, которые внесите в две разные пробирки. В одну из них добавьте каплю раствора иода в иодиде калия. В другую добавьте одну каплю раствора сульфата меди(II) и 4 капли раствора гидроксида натрия и осторожно нагрейте до кипения (проведите реакцию Троммера). Результат должен показать, что в присутствии воды гидролиз крахмала не происходит, поэтому реакция с иодом положительна, а реакция Троммера отрицательна (гидроксид меди(II) сохраняет голубой цвет). В присутствии амилазы слюны происходит гидролиз крахмала, поэтому реакция с иодом отрицательна (нет синего окрашивания), а реакция Тром-

мера положительна (образуется кирпично-красный оксид меди(I)).

2. *Специфичность действия ферментов.* Каждый фермент действует только на одно вещество или группу сходных субстратов, что обусловлено соответствием структур субстрата и активного центра фермента. Например, амилаза действует только на крахмал, сахараза (инвертаза) — только на сахарозу.

Приготовление сахаразы. 10 г свежих дрожжей разотрите и залейте 40 мл воды. Через 2 ч отфильтруйте и поставьте в холодильник.

В две пробирки (№ 1 и 2) внесите по 10 капель раствора крахмала, в две другие (№ 3 и 4) — по 10 капель раствора сахарозы. Затем в пробирки № 1 и 3 добавьте по 4 капли раствора слюны, а в пробирки № 2 и 4 — такое же количество раствора сахаразы. Перемешайте и поставьте в термостат на 15 мин при температуре 37 °С. После этого с содержимым всех четырех пробирок проведите иодкрахмальную реакцию и реакцию Троммера. Результаты занесите в таблицу.

Определение специфичности действия ферментов

Номер пробирки	Субстрат	Фермент	Иодкрахмальная реакция (+ или -)	Реакция Троммера (+ или -)
1	Крахмал	Амилаза		
2	Крахмал	Сахараза		
3	Сахароза	Амилаза		
4	Сахароза	Сахараза		

В выводах отметьте, в какой пробирке и при каких условиях обнаружено действие фермента и почему.

3. *Влияние рН среды на активность ферментов.* Для каждого фермента существует определенное значение реакции среды, при котором он проявляет наивысшую активность. Изменение рН вызывает снижение или полное торможение деятельности фермента.

В восемь пробирок налейте по 1 мл дистиллированной воды, а затем в пробирку № 1 внесите 1 мл соляной кис-

лоты, перемешайте, отберите из нее 1 мл смеси и перенесите в пробирку № 2. Перемешайте содержимое этой пробирки, отберите 1 мл и перенесите в пробирку № 3 и т. д. Из пробирки № 8 отберите 1 мл и вылейте. В результате кислотность среды в пробирках будет различной (будет различаться по значению рН). После этого в каждую пробирку добавьте по 2 мл раствора крахмала и по 1 мл раствора слюны. Пробирки встряхните и поставьте в термостат на 15 мин при температуре 37 °С. Затем охладите и добавьте во все пробирки по одной капле раствора Люголя. Определите, в каких пробирках произошел полный гидролиз крахмала, в каких нет. С помощью индикаторной бумаги определите в каждой пробирке рН среды, сделайте соответствующие выводы.

4. *Определение наличия каталазы в живых тканях.* Каталаза — фермент, катализирующий разложение пероксида водорода (токсичного побочного продукта метаболизма в клетках животных и растений).

Нанесите каплю пероксида водорода на размятый кусочек ткани растения (клубня, стебля, листа). Активность каталазы выявляют по активному выделению пузырьков кислорода. Определите наличие каталазы в предварительно намоченных и набухших семенах гороха, фасоли или бобов. Сравните активность каталазы в семядолях и в кожуре семян. Подогрейте на водяной бане до температуры 40 °С помещенные в пробирку размятые семена и проверьте каталазную активность. Повторите опыт при температуре 60, 80 и 100 °С. С помощью холодной воды и льда охладите образцы до температуры 0 °С и 10 °С и тоже проверьте активность каталазы. Занесите наблюдения в таблицу и объясните полученные результаты.

Температура, °С	Активность каталазы (+ или -)
0	
10	
20	
40	
60	
80	
100	

Устройство светового микроскопа и техника микроскопирования

Цель. На основе знания устройства светового микроскопа освоить технику микроскопирования и приготовления временных микропрепаратов, научиться работать с окуляр-микрометром.

Оборудование. Микроскоп на каждого учащегося, окуляр-микрометры, предметные и покровные стекла, пипетки, стаканчики с водой, вата, пинцеты, ножницы; схема устройства микроскопа и его частей.

Ход работы

1. *Устройство микроскопа.* Рассмотрите основные части микроскопа: механическую, оптическую и осветительную (рис. 1).

К механической части относят штатив, предметный столик, тубус, револьвер, макро- и микрометрический винты.



Рис. 1. Микроскоп

Оптическая часть микроскопа представлена окулярами и объективами. Окуляр (лат. *oculus* — глаз) находится в верхней части тубуса и обращен к глазу. Это система линз, заключенных в гильзу. По цифре на верхней поверхности окуляра можно судить о кратности его увеличения ($\times 7$, $\times 10$, $\times 15$). Окуляр можно вынимать из тубуса и заменять при необходимости другим. На противоположной стороне тубуса находится вращающаяся пластина, или револьвер (лат. *revolvero* — вращаю), где расположены три гнезда для объективов. Объектив — это тоже система линз, они имеют различную кратность. Различают объектив малого увеличения ($\times 8$), объектив большого увеличения ($\times 40$) и иммерсионный объектив, используемый для изучения наиболее мелких объектов ($\times 90$). При работе с иммерсионными объективами на препарат наносят каплю иммерсионной жидкости (иммерсионного масла или воды). Объектив должен касаться капли иммерсии. На объективы, предназначенные для работы с масляной иммерсией, нанесена черная полоса, на водноиммерсионные объективы — белая. Без иммерсионной жидкости с иммерсионными объективами работать нельзя. Общее увеличение микроскопа равно увеличению окуляра, умноженному на увеличение объектива.

Осветительная часть состоит из зеркала, конденсора и диафрагмы. Конденсор находится между зеркалом и предметным столиком. Он состоит из двух или трех линз. Для перемещения конденсора служит винт, расположенный впереди от микро- и макрометрических винтов.

Меняя с помощью специальной ручки положение пластинок диафрагмы, вмонтированной в нижнюю часть конденсора, можно регулировать освещенность.

2. Правила работы с микроскопом

1) Установите микроскоп штативом к себе, предметным столиком от себя.

2) Поставьте в рабочее положение объектив малого увеличения. Когда объектив займет центрированное положение, в револьвере сработает устройство-защелка (будет слышен легкий щелчок).

3) Глядя в окуляр левым глазом, вращайте зеркало в разных направлениях, пока поле зрения не будет освещено ярко и равномерно.

4) Положите на предметный столик готовый препарат (покровным стеклом вверх), чтобы объект находился в центре отверстия предметного столика.

5) Под контролем зрения медленно опустите тубус с помощью макрометрического винта, чтобы объектив находился на расстоянии примерно 2 мм от препарата.

6) Глядя в окуляр, медленно поднимайте тубус до тех пор, пока в поле зрения не появится изображение объекта.

7) Чтобы перейти к рассмотрению объекта при большом увеличении микроскопа, поместите ту часть препарата, которую нужно рассмотреть, в центр поля зрения.

8) Вращая револьвер, переведите в рабочее положение объектив большого увеличения.

9) Опустите тубус под контролем зрения (смотрите на него сбоку!) почти до соприкосновения с препаратом. Глядя в окуляр, медленно поднимайте тубус, пока не появится изображение. Для тонкой фокусировки используйте микрометрический винт. Перепишите правила работы с микроскопом в тетрадь для лабораторных работ. В альбоме схематически зарисуйте микроскоп и обозначьте его части.

3. *Методика приготовления временного микропрепарата.* Возьмите предметное стекло, держа его за боковые грани, и положите на стол. Поместите в центр стекла объект, например волокна ваты длиной 1—1,5 см. Затем пипеткой нанесите на объект каплю воды. После этого возьмите покровное стекло (обязательно за боковые грани, чтобы на поверхности не остались отпечатки пальцев!) и положите его сверху на предметное стекло. Рассмотрите готовый препарат под микроскопом.

Зарисуйте, как выглядят волокна ваты под микроскопом при малом и большом увеличении. Сравните размеры объекта при разных увеличениях и зарисуйте, правильно отразив имеющиеся различия.

Рассмотрите в микроскоп другие объекты — волокна шерсти, бородку пера птицы, волосы. С помощью окуляр-микрометра определите толщину волокон разного происхождения. Запишите полученные результаты в тетрадь.

**Особенности строения клеток прокариот и эукариот.
Клетки растений и животных**

Цель. На основе изучения клеток прокариот (бактерий) и эукариот (растений и животных) показать основные различия в строении прокариотических и эукариотических клеток. Выявить сходство в строении клеток бактерий, животных и растений, свидетельствующее о единстве организации живых форм.

Оборудование. Микроскоп на каждого учащегося, предметные и покровные стекла, пипетки, шпатели, стаканы, пинцеты, скальпели, готовые препараты бактерий, листья традесканции или луковица, настой различных естественных материалов (мяса, рыбы, сухой травы и др.), таблица строения бактериальной, растительной и животной клеток.

Реактивы. Вода, спиртовой раствор иода, водные растворы туши, фуксина и метиленового синего.

Ход работы

Приготовление настоев различных естественных материалов. Настой для изучения морфологии бактерий следует приготовить заранее из мяса, рыбы, белка яйца, навоза, сена и др. Небольшое количество материала измельчите, поместите в колбу, добавьте немного мела (на кончике скальпеля) и залейте водопроводной водой на $\frac{2}{3}$ объема. Колбу с настоем выдерживайте в термостате при температуре 25—28 °С или в теплом темном помещении в течение 3—5 дней. За это время в среде накапливается масса разнообразных бактерий. В настое сухой травы размножаются одноклеточные животные (инфузории).

1. *Приготовление временного препарата бактериальных клеток.* На предметное стекло поместите каплю настоя, наиболее богатого микрофлорой (обычно это настой мяса, рыбы, навоза). Препарат накройте покровным стеклом и рассмотрите, пользуясь объективом $\times 40$ (можно попробовать и $\times 90$). Просматривая препараты, сделайте зарисовки бактерий, обращая внимание на форму клеток, их взаимное расположение и на соотношения размеров бактерий при разном увеличении микроскопа. Добавив в каплю настоя тушь, можно приготовить негативный тушевой препарат. В поле зрения микроскопа на общем тем-

ном фоне туши отчетливо видны неокрашенные клетки бактерий. Для более детального изучения морфологии бактерий лучше иметь постоянные препараты чистых культур.

2. *Приготовление временного препарата растительных клеток.* Для этого отделите от кусочка луковицы мясистую чешуйку. На ее внутренней стороне находится тонкая пленка. Снимите ее пинцетом и отрежьте ножницами кусочек пленки размером несколько квадратных миллиметров (можно использовать эпидермис нижней стороны листа традесканции, его также снимают пинцетом в виде бесцветной пленки). Положите этот кусочек на предметное стекло, нанесите на пленку каплю раствора иода и накройте покровным стеклом. Рассмотрите препарат при малом увеличении. На препарате видна группа вытянутых, почти прямоугольных или угловатых клеток. Крупные округлые ядра в клетках окрашены иодом в желтый цвет. Переведите микроскоп на большее увеличение и найдите клеточную стенку. В ядре можно заметить 1—2 ядрышка, иногда видна зернистая структура цитоплазмы. Неокрашенные пустоты в цитоплазме клеток представляют собой вакуоли. Зарисуйте несколько клеток. Обозначьте клеточную стенку, цитоплазму, ядро, ядрышки, вакуоли (если они видны). Среди клеток эпидермиса традесканции видны парные полулунные клетки — замыкающие клетки устьиц. В отличие от окружающих бесцветных клеток эпидермиса замыкающие клетки содержат хлоропласты. Они зеленого цвета, почти шаровидные.

3. *Приготовление временного препарата клеток человека.* Чистым шпателем (не использовать скальпель или другие острые предметы!) слегка поскоблите слизистую внутренней стороны щеки. Клетки слизистой легко отделяются (это естественный процесс). Намажьте их на предметное стекло, нанесите каплю метиленового синего, закройте покровным стеклом и рассмотрите в микроскоп. Видны угловатые или округлые клетки с ядрами. Зарисуйте несколько клеток, обозначьте цитоплазму и ядро.

4. *Приготовление временного препарата инфузорий.* Для того чтобы рассмотреть инфузорий, размножившихся

в сенном настое (чаще всего это инфузория-туфелька), поместите их на предметное стекло в жидкий крахмальный клейстер для ограничения подвижности. Под края покровного стекла следует с двух сторон подложить два других покровных стекла или использовать предметное стекло с лункой. Рассматривать инфузорий надо на самом малом увеличении микроскопа. Зарисуйте инфузорию, обратив внимание на форму клетки, наличие ресничек, сложную зернистую структуру цитоплазмы.

РАБОТА № 6

Строение клетки. Размеры клеток и внутриклеточных структур

Цель. Изучить строение клетки и клеточных органоидов. Научиться измерять размеры клеточных структур на электронно-микроскопических фотографиях с помощью масштабной линейки.

Оборудование. Электронно-микроскопические фотографии различных клеток и клеточных структур (или предварительно подготовленные ксерокопии рисунков 2—9), линейка, калькулятор.

Ход работы

Ксерокопирование микрофотографий. Для работы потребуются ксерокопии рисунков 2—9.

На основе знаний о строении клеток определите структуры, изображенные на микрофотографиях (рис. 2—9). С помощью линейки измерьте (в миллиметрах и сантиметрах) относительные размеры различных клеток и клеточных структур на микрофотографиях, сделав предварительно их ксерокопии. Для удобства при ксерокопировании фотографии можно увеличить в размерах. Затем, используя указанный на фотогра-

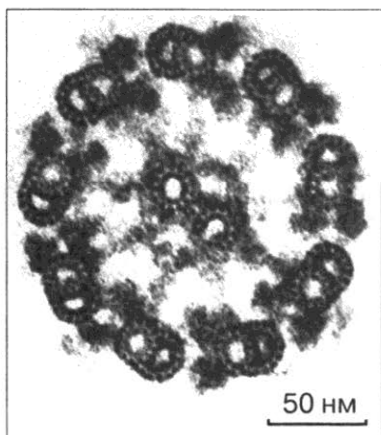


Рис. 2. Жгутик
(поперечный разрез)

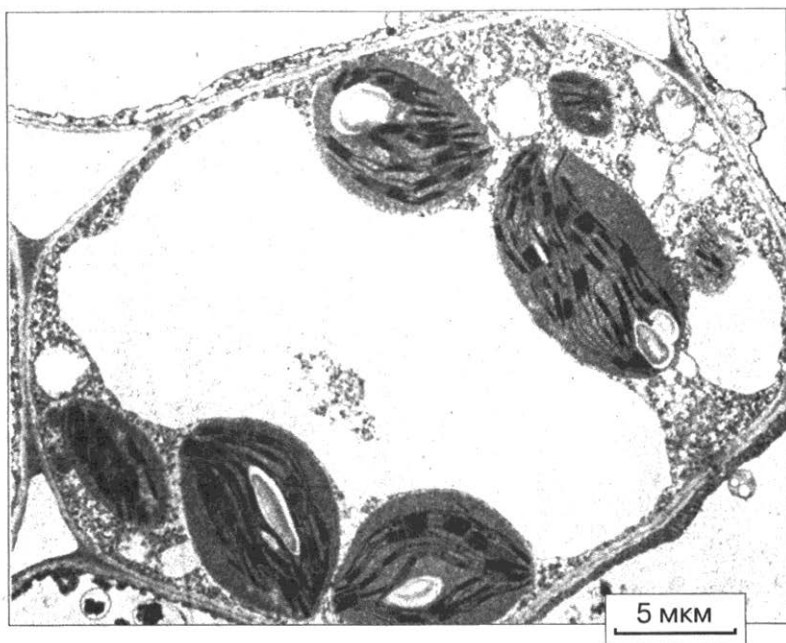


Рис. 3. Срез растительной клетки

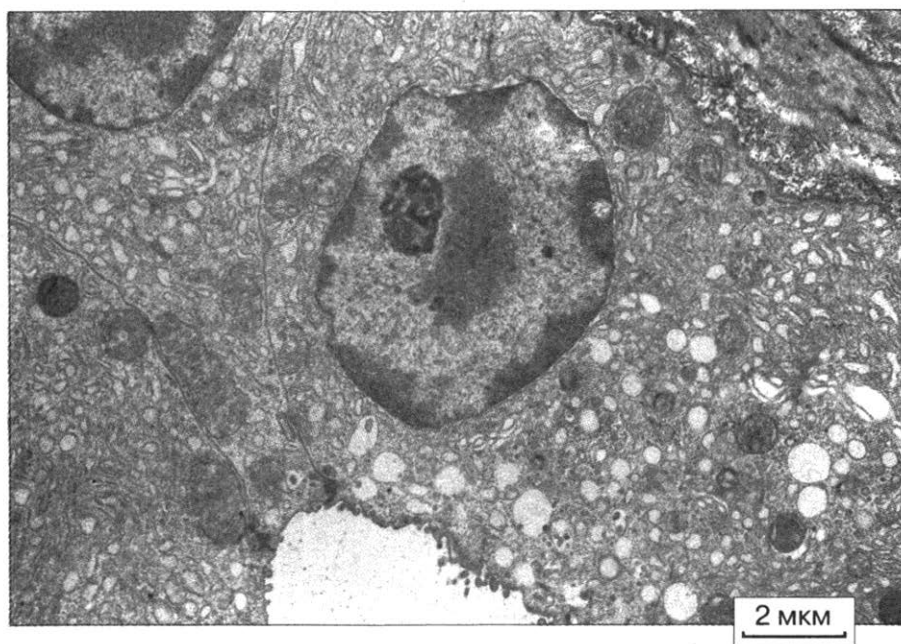


Рис. 4. Срез клетки животного

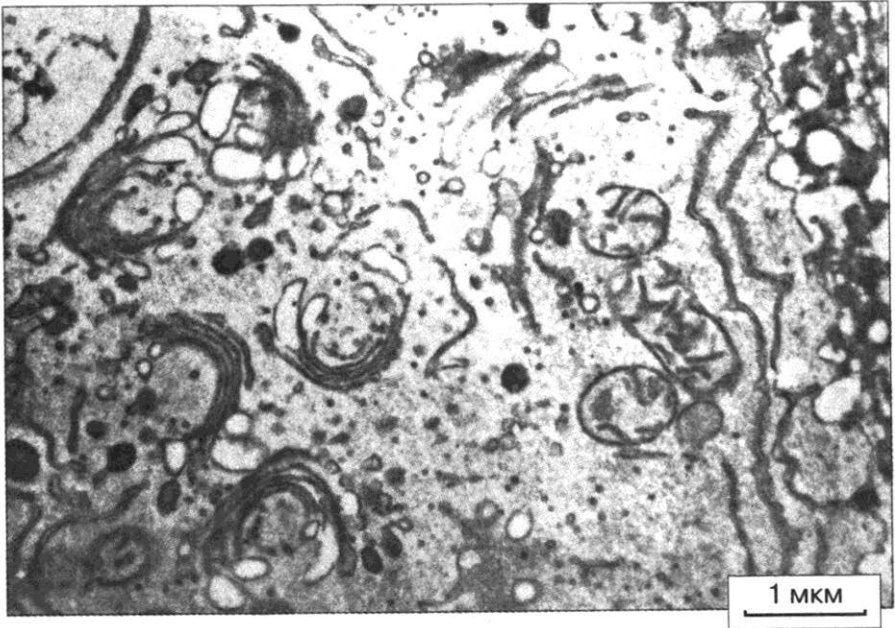


Рис. 5. Комплекс Гольджи

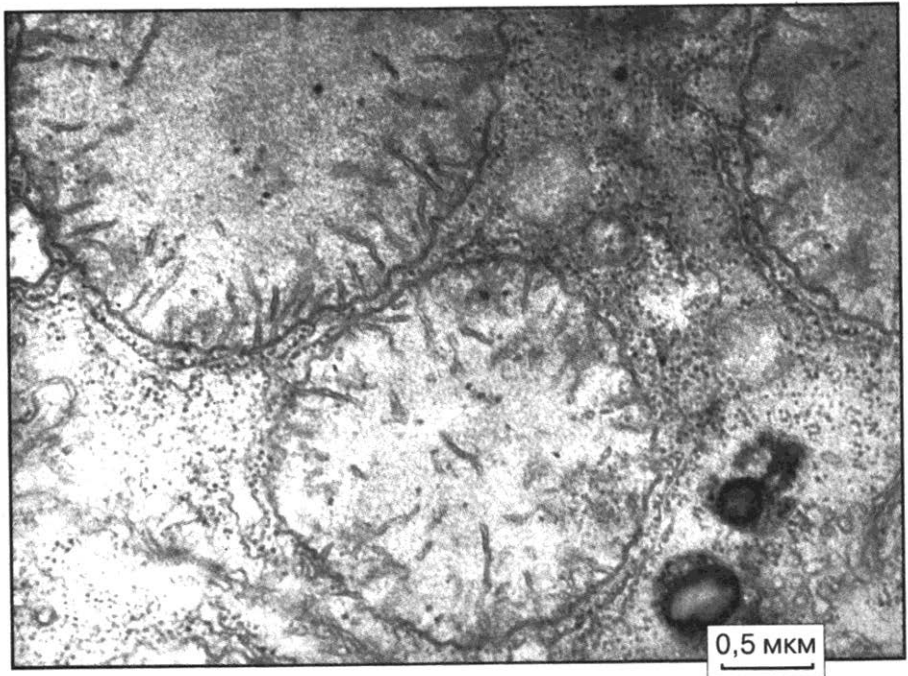


Рис. 6. Митохондрии и рибосомы

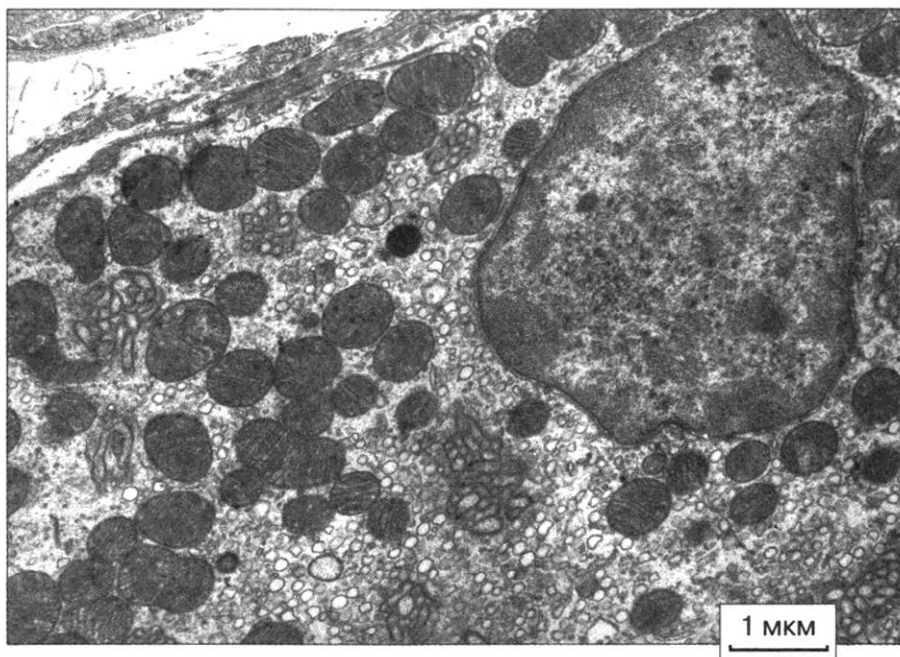


Рис. 7. Ядро и митохондрии

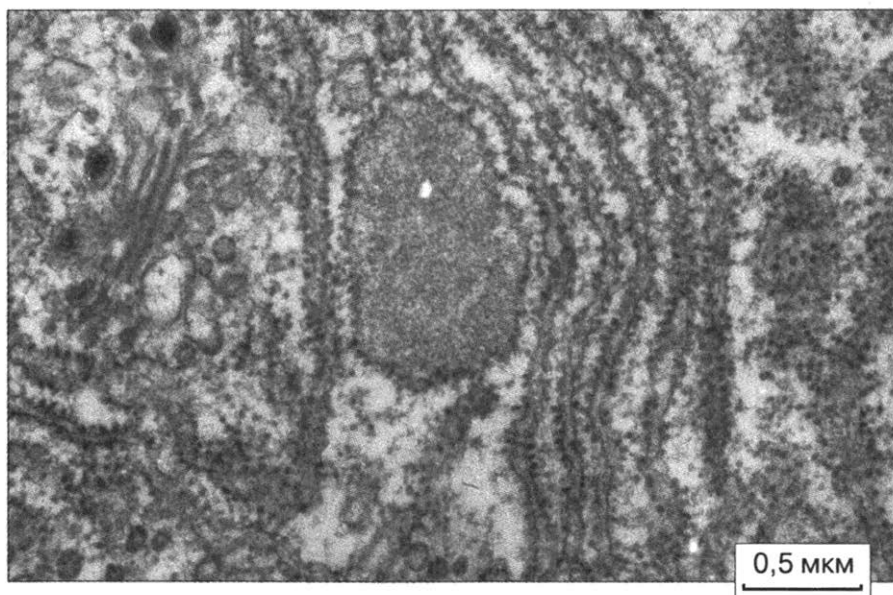


Рис. 8. Шероховатая эндоплазматическая сеть

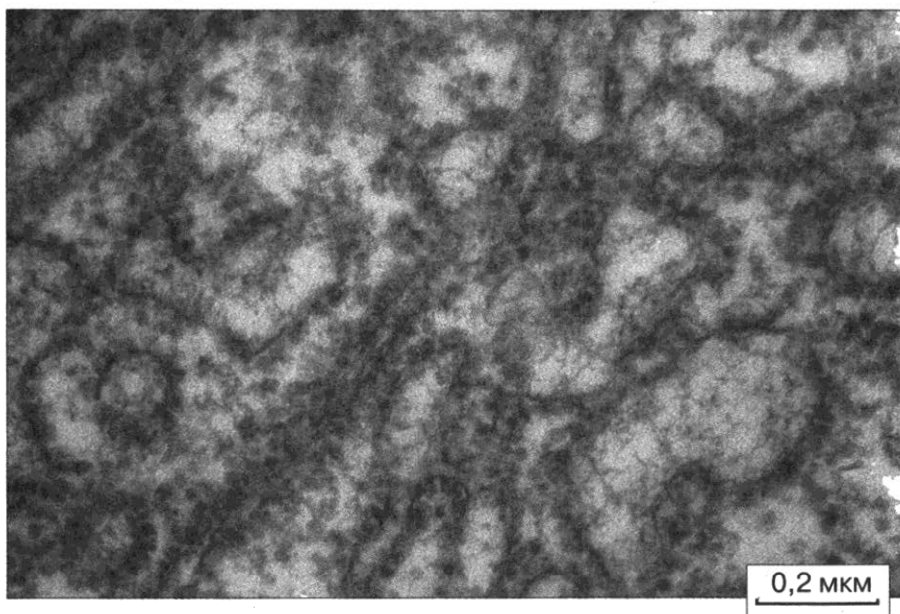


Рис. 9. Шероховатая эндоплазматическая сеть

фиях масштаб, определите абсолютные размеры. Для определения средних размеров следует провести не менее четырех-пяти измерений. По результатам измерений заполните таблицу.

Размеры клеток и клеточных структур

Название измеряемого объекта	Относительный размер, мм	Абсолютный размер, нм
Максимальная длина растительной клетки		
Максимальная длина животной клетки		
Диаметр ядра растительной клетки		
Диаметр ядра животной клетки		
Средняя длина митохондрии животной клетки		

Название измеряемого объекта	Относительный размер, мм	Абсолютный размер, нм
Толщина клеточной стенки растительной клетки		
Средняя длина хлоропласта		
Средняя толщина хлоропласта		
Толщина ядерной оболочки		
Диаметр ядерной поры		
Средняя толщина мембраны		
Средний диаметр рибосомы		
Толщина микротрубочки		
И т. д.		

РАБОТА № 7

Физиологические свойства клеточной мембраны

Цель. Показать, что клеточная мембрана обладает избирательной проницаемостью. Наглядно продемонстрировать роль мембраны в процессе фагоцитоза и пиноцитоза, а также познакомиться с плазмолизом растительной клетки — процессом отделения протопласта (содержимого клетки) от клеточных стенок.

Оборудование. Микроскопы, покровные и предметные стекла, скальпели, препаровальные иглы, стаканчики для воды и растворов, фильтровальная бумага, пипетки, тушь; культура инфузорий или культура ткани на питательной среде, культура амёб, кусочки растения элодеи, листья традесканции.

Реактивы. 3%-ный раствор хлорида натрия или хлорида калия, 3%-ный раствор хлорида кальция или хлорида магния, 2%-ный раствор альбумина, раствор сахара, 10%-ный раствор хлорида натрия, дистиллированная вода.

Ход работы

1. *Повышение проницаемости клеточной мембраны под влиянием ионов натрия (или калия).* В 3%-ный раствор хлорида натрия или хлорида калия поместите инфузории или кусочки культивируемой ткани. Приготовьте препарат для микроскопа. Можно увидеть сморщивание клеток, указывающее на проницаемость клеточной мембраны. В данном случае вода из клетки выходит в окружающую среду. Оттяните из-под покровного стекла раствор соли при помощи фильтровальной бумаги и замените его дистиллированной водой. Наблюдайте набухание клеток вследствие поступления в них воды.

2. *Понижение проницаемости клеточной мембраны под влиянием ионов кальция (или магния).* Поместите инфузории или кусочки культивируемой ткани в 3%-ный раствор хлорида кальция или хлорида магния. Инфузории, как и культивируемые клетки, продолжают жить, каких-либо деформаций не наблюдается. Дело в том, что ионы кальция и магния в противоположность ионам калия и натрия понижают проницаемость клеточной мембраны, поэтому передвижения воды через оболочку не происходит.

3. *Пиноцитоз и фагоцитоз у амёбы.* Поместите амёб в каплю 2%-ного раствора альбумина (белок куриного яйца). Приготовьте препарат для микроскопа. Через некоторое время на поверхности амёб начинают образовываться пузырьки и выпячивания. Создается впечатление, что поверхность амёб «кипит». Это сопровождается интенсивным движением жидкости у внутренней поверхности мембраны. Пузырьки жидкости окружаются выступами цитоплазмы, которые затем смыкаются. Это явление называют *пиноцитозом*. Пиноцитозные пузырьки иногда появляются внезапно, что говорит о быстром захвате капельки жидкости вместе с растворимым в ней веществом.

Поместите амёб в раствор сахара. Пиноцитоз отсутствует. Пиноцитоз вызывают лишь вещества, понижающие поверхностное натяжение клеточной мембраны, например аминокислоты, некоторые соли.

В каплю жидкости, в которой находятся амёбы, поместите немного мелко растертой туши. Приготовьте препарат для микроскопа. Через некоторое время амёбы начинают

медленно передвигаться в сторону крупинки туши, выпускающая псевдоподии (ложноножки). Крупинки туши прикрепляются к поверхности псевдоподий, затем медленно окружаются ими и через некоторое время оказываются погруженными в цитоплазму. Это явление называют *фагоцитозом*.

4. *Плазмолиз и деплазмолиз в клетках листа элодеи*. Приготовьте микропрепарат из листа элодеи. Нанесите на один край покровного стекла каплю 10%-ного раствора хлорида натрия, а с противоположной стороны положите полоску фильтровальной бумаги, которая впитывает часть воды. Наблюдайте за состоянием цитоплазмы в клетках при большом увеличении микроскопа. Вода из цитоплазмы клетки будет переходить в окружающую среду, где концентрация соли больше. Объем цитоплазмы при этом уменьшится, и она начнет отходить от клеточных стенок. Постепенно цитоплазма примет форму шара. Это явление называют *плазмолизом*. Если затем под покровное стекло добавить дистиллированную воду, она начнет поступать в цитоплазму (где концентрация соли больше, чем в дистиллированной воде), которая в результате займет прежний объем. Это явление называют *деплазмолизом*.

В цитоплазме клеток элодеи видно множество округло-овальных телец зеленого цвета — хлоропластов. Рассмотрите клетки вблизи центральной жилки листа. В них можно обнаружить движение цитоплазмы и пластид вдоль стенок. Если движение малозаметно, подогрейте препарат под электролампой.

Зарисуйте в альбоме все, что было видно на микропрепаратах.

РАБОТА № 8

Изучение морфологии и подсчет хромосом на временных препаратах из корешков кормовых бобов

Цель. Рассмотреть хромосомы на приготовленных препаратах, изучить их морфологию, потренироваться в приготовлении давленных препаратов.

Оборудование. Фиксированные корешки кормовых бобов (фиксатор — смесь трех частей 96%-ного этилового

спирта с одной частью ледяной уксусной кислоты), микроскопы, скальпели, фильтровальная бумага, спиртовки, препаровальные иглы.

Реактивы. Ацетокармин, 45%-ная уксусная кислота.

Ход работы

Корешки длиной 0,5 см поместите на предметное стекло в каплю красителя ацетокармина и скальпелем отрежьте самый кончик (1—1,5 мм) корешка, накройте покровным стеклом и несколько раз подогрейте над пламенем спиртовки. Постепенно фильтровальной бумагой отберите краситель, заменив его уксусной кислотой. Накрыв препарат несколькими слоями фильтровальной бумаги, осторожно раздавите корешок, чтобы клетки на препарате распределились в один слой.

Найдите на препарате клетки, где хромосомы видны наиболее хорошо. Клетки не должны быть раздавлены слишком сильно во избежание потери отдельных хромосом. При большом увеличении микроскопа (лучше поставить иммерсионный объектив) рассмотрите хромосомы. Особенно внимательно следует рассматривать места соприкосновения хромосом и стараться точно определить границы каждой из них. Подсчитайте число хромосом. Для определения диплоидного набора хромосом ($2n$) следует подсчитать число хромосом не менее чем в пяти клетках. Сделайте контурный рисунок хромосом одной клетки, обращая внимание на их морфологические особенности.

РАБОТА № 9

Хромосомы млекопитающих. Кариотип

Цель. Познакомиться с морфологией хромосом млекопитающих, сделать элементарное описание кариотипа, сравнить кариотипы близких видов.

Оборудование. Предварительно подготовленные ксерокопии приводимых фотографий, ножницы, клей.

Ход работы

Рассмотрите фотографии хромосом трех близких видов хомячков (рис. 10—12), определите число хромосом в диплоидном наборе для каждого вида.

Вырежьте из копий фотографий каждого вида хромосомы, найдите пару для каждой хромосомы (хромосому с таким же положением центromеры и с такой же длиной плеч). Найдите X- и Y-хромосомы (они непарные, Y-хромосома меньше X-хромосомы и, как правило, отличается от нее положением центromеры). Распределите хромосомы

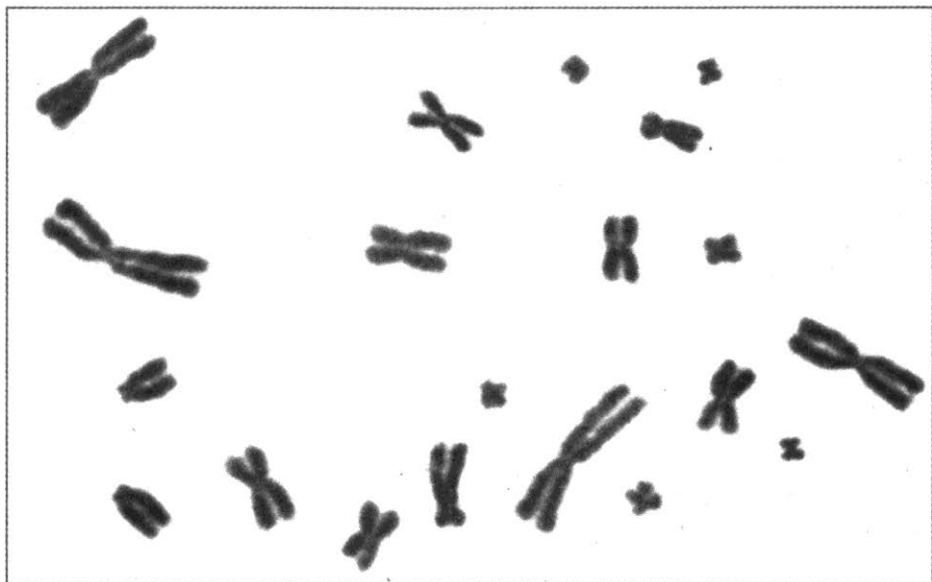


Рис. 10. Хромосомы барабинского хомячка

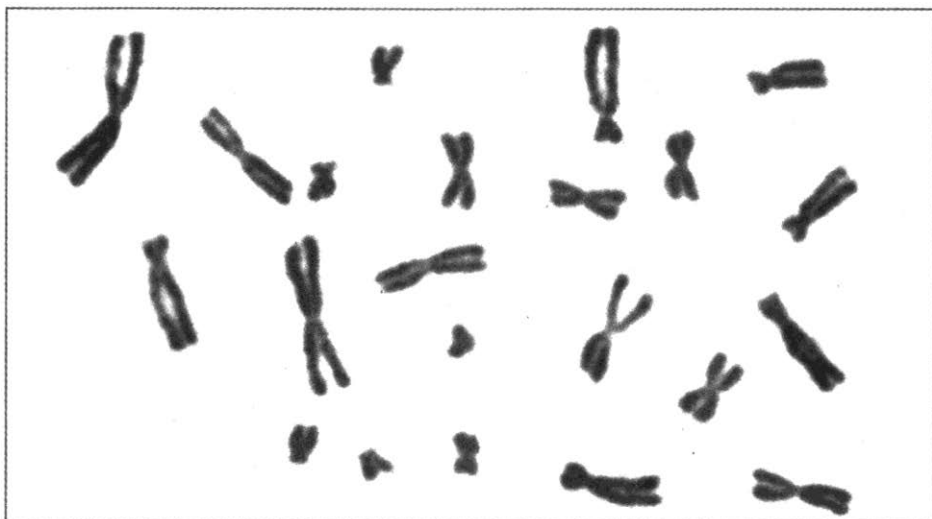


Рис. 11. Хромосомы серого хомячка

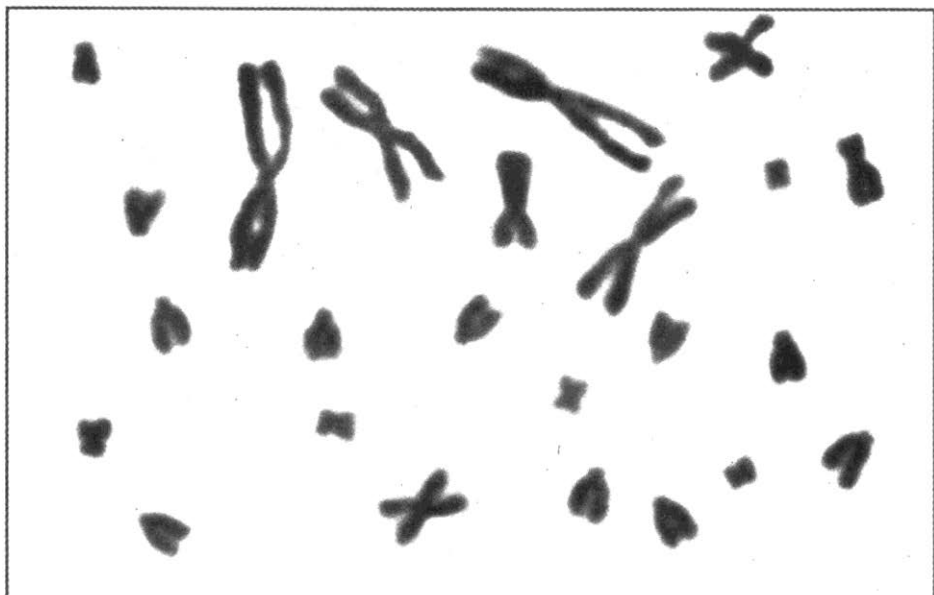


Рис. 12. Хромосомы забайкальского хомячка

по группам в зависимости от соотношения длин плеч (приблизительно равноплечие хромосомы, неравноплечие хромосомы, хромосомы с одним плечом). Попарно наклейте хромосомы в альбоме по группам, располагая их в пределах группы по размеру от самых больших до самых маленьких. Хромосомы принято наклеивать вертикально, коротким плечом кверху. Сравните кариотипы трех видов.

Проведите сравнение кариотипов человека (рис. 13) и шимпанзе (рис. 14). Для таких сравнений применяют специальную окраску хромосом — дифференциальную, когда хромосомы окрашены не сплошь, а на них видны темные и светлые полосы. Положение этих полос постоянно и отражает генетическое содержание хромосомы, благодаря чему гомологичные хромосомы и гомологичные участки хромосом имеют одинаковый рисунок окраски. Хромосомы близких видов, как правило, различаются не очень сильно, и их можно сравнивать. В качестве образца для этой работы можно использовать рисунок 209 из вашего учебника или рисунок 91 из учебника «Общая биология» под редакцией Д. К. Беляева и Г. М. Дымшица (М.: Просвещение, 2007).

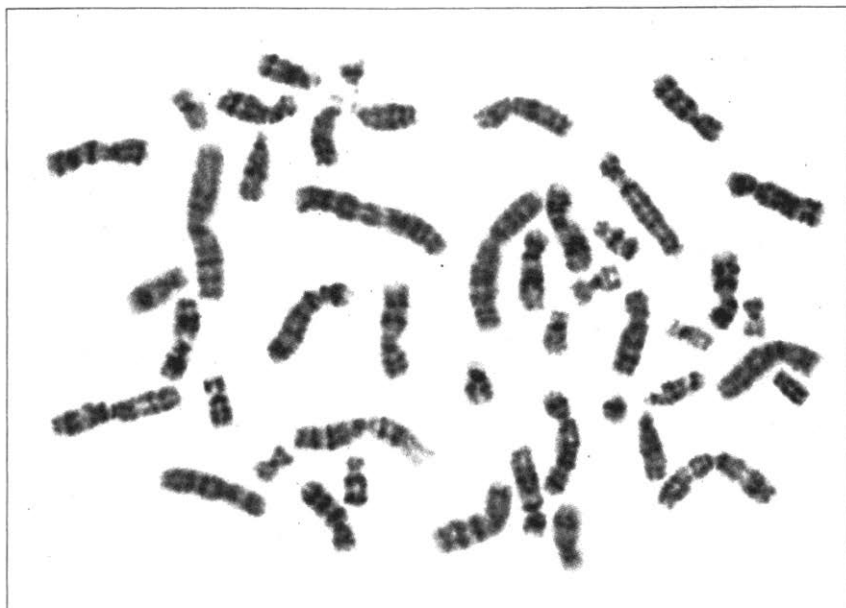


Рис. 13. Хромосомы человека



Рис. 14. Хромосомы шимпанзе

Гигантские хромосомы в слюнных железах личинок комара хирономуса (мотыля)

Цель. Рассмотреть гигантские (политенные) хромосомы — результат многократной репликации ДНК, не сопровождавшейся митозом.

Оборудование. Микроскопы, предметные и покровные стекла, часовые стекла, препаровальные иглы, скальпель, пипетки, фильтровальная бумага, личинки комара хирономуса.

Реактивы. Ацетокармин, 45%-ная уксусная кислота.

Ход работы

Поместите личинку хирономуса на предметное стекло в каплю воды. Тело личинки состоит из сегментов, первый из которых — голова. Задний конец тела заканчивается псевдоподиями (ложноножками). Слюнные железы находятся во втором и третьем сегментах личинки. Сделайте разрез между третьим и четвертым сегментами. Из отрезанного переднего конца выдавите иглой две бесцветные прозрачные железы, которые имеют двух-пятилопастную форму. По краям железы видны клетки с очень крупными ядрами. Зарисуйте общий вид железы.

Перенесите железу в краситель ацетокармин на часовое стекло, накройте вторым часовым стеклом и поставьте в термостат при температуре 37 °С на 45 мин или на 1 ч. Окрашенную железу перенесите на предметное стекло в каплю 45%-ной уксусной кислоты (переносить следует пипеткой или иглой), накройте покровным стеклом. Затем круговыми движениями тупого конца препаровальной иглы по стеклу над препаратом аккуратно раздавите железу. Хромосомы должны быть хорошо расправлены, но не растянуты и не разорваны. *Политения* (греч. *poly* — много) — это результат многократного удвоения ДНК без митоза и расхождения хроматид. Такие гигантские хромосомы характерны для клеток слюнных желез личинок двукрылых.

После приготовления препарата при малом увеличении микроскопа найдите клетку, где хромосомы расправлены лучше, т. е. в центре поля зрения микроскопа должен ле-

жать хорошо окрашенный узел — *хромосомцентр*. В нем соединяются центромеры всех хромосом. От него отходят в виде лент хромосомы. После схематической зарисовки общей картины необходимо перевести микроскоп на большое увеличение и зарисовать участки гигантской хромосомы. Особенно тщательно надо вырисовывать строение отдельных дисков: они более темные. В некоторых местах хромосомы можно обнаружить утолщения — *пуфы*. Здесь идет интенсивный синтез РНК. На самой маленькой из хромосом часто можно видеть гигантский пуф — это ядрышко, активно синтезирующее рибосомную РНК.

РАБОТА № 11

Митоз в клетках корешка лука

Цель. На самостоятельно приготовленном препарате корешка лука изучить морфологию фаз митотического деления.

Оборудование. Микроскопы, предметные и покровные стекла, скальпели, препаровальные иглы, спиртовка, фильтровальная бумага, репчатый лук.

Реактивы. Ледяная (безводная) уксусная кислота, спирт, краситель (ацетокармин, ацетоорсеин, метиленовый синий или синие чернила).

Приготовление ацетоорсеина (ацетоорсеин готовит заранее учитель). К 45 мл ледяной уксусной кислоты, доведенной до кипения, добавляют 1 г орсеина. Раствор охлаждают и добавляют к нему 55 мл дистиллированной воды.

Ход работы

Фиксация корешков. Корешки для лабораторной работы надо подготовить заранее. Отрежьте скальпелем самые кончики корешков (корешки при этом должны быть не длиннее 0,5 см). Поместите отрезанные кончики корешков в фиксатор (ледяная уксусная кислота и спирт в соотношении 1:3). Поставьте их в темное место на 24 ч.

Красителем клеток корешков может служить ацетокармин, ацетоорсеин или метиленовый синий. Положите один корешок на предметное стекло, нанесите на него 2—3 капли красителя. Слегка подогрейте препарат с красителем над спиртовкой. Повторите подогрев 2—3 раза. Промойте препарат. Для этого капните 2—3 капли воды с одной сто-

роны препарата и оттяните воду с красителем фильтровальной бумагой с другой стороны.

Кончик корешка окрашен темнее, чем вся остальная часть. Отрежьте скальпелем этот кончик (длиной приблизительно 1 мм) и положите на предметное стекло. Осторожно накройте покровным стеклом. Тупым концом препаровальной иглы сделайте с небольшим нажимом круговые движения по покровному стеклу над кончиком корешка, чтобы раздавить его и получить давленный препарат. Установите препарат под микроскопом. Найдите при большом увеличении делящиеся клетки на разных стадиях митоза.

Интерфаза. Ядро в клетке округлое, с четкими границами. В нем видно одно или два ядрышка. Хроматин в виде глыбок заполняет кариоплазму.

Профаза. В ядре исчезают ядрышки. В кариоплазме наблюдается как бы клубок, составленный из тонких нитей. Это хромосомы. В конце профазы оболочка ядра разрушается, и хромосомы оказываются лежащими в цитоплазме.

Метафаза. Хромосомы заметно укорачиваются и утолщаются, приобретая вид сильно изогнутых палочковидных структур. Если метафазная клетка, в которой хромосомы лежат в экваториальной плоскости, видна с полюса, то расположение хромосом напоминает звезду. Если клетка видна с экватора, то хромосомы образуют полосу — диск, видимый с ребра.

Анафаза. Сестринские хромосомы перемещаются к полюсам, поэтому в клетке можно увидеть фигуры, напоминающие две звезды. Обратите внимание, что хромосомы имеют вид шпильки. Центромеры направлены к полюсам, а плечи расходятся под углом друг к другу.

Телофаза. У противоположных полюсов клетки видны рыхлые клубки из частично деспирализованных хромосом. В центре клетки начинает формироваться перегородка, которая постепенно делит материнскую клетку на две дочерние.

Зарисуйте клетки на различных стадиях митоза и в интерфазе. На рисунке должны быть обозначены: 1) интерфаза (ядро, цитоплазма, хроматин); 2) профаза (хромосомы); 3) метафаза; 4) анафаза; 5) телофаза (ядра дочерних клеток).

Изучение мейоза в пыльниках цветковых растений

Цель. Рассмотреть на препаратах стадии деления клетки во время формирования гамет у растений.

Оборудование. Молодые пыльники лилий или других представителей семейства лилейных, молодые пыльники традесканции (фиксированные или свежие), микроскопы, бинокулярные или штативные лупы, предметные и покровные стекла, препаровальные иглы, пинцеты, спиртовка, фильтровальная бумага.

Реактивы. Ацетокармин.

Ход работы

Возьмите бутон (бутон должен быть очень молодым; у лилий, например, соцветие еще не должно выдвинуться из окружающей его мутовки листьев), с помощью препаровальной иглы и пинцета вычлените из него пыльник длиной 2—3 мм, поместите в каплю красителя ацетокармина на предметное стекло. Под бинокулярной или штативной лупой разрежьте пыльник пополам. Придерживая, выдавите иглой его содержимое.

Добавьте на стекло несколько капель ацетокармина и подогревайте около 3 мин, пронося несколько раз над пламенем спиртовки (кипеть не должно!). Удалите все ткани покровов пыльника. Фильтровальной бумагой уберите края ацетокарминовой капли, распределите клетки в один слой легким придавливанием покровного стекла.

При большом увеличении (можно с иммерсией) найдите и зарисуйте все фазы мейоза. Чтобы обнаружить все фазы мейоза, надо приготовить сразу несколько препаратов (5—6 шт.). Для этого возьмите бутоны разной величины и возраста. На препарате, приготовленном из самых молодых бутонов, видны материнские клетки до деления. В таком состоянии ядра ровно окрашены, имеют слегка зернистую структуру.

Профаза I. В ядре хорошо видны тонкие нити — хромосомы, они переплетаются, как паутина. Видны ядрышки. Это стадия *лептотены*. На стадии *пахитены* видны более толстые хромосомы, образующие биваленты, т. е. пары конъюгирующих гомологичных хромосом. Они очень часто

накладываются друг на друга, образуя как бы клубок толстых нитей. На стадии *диплотены* видны биваленты, в которых гомологичные участки хромосом в некоторых участках расходятся, а в других, наоборот, как бы плотно склеились. В этих участках происходит перекрест хромосом. Такие места перекреста хромосом называют *хиазмами*.

Метафаза I. Видны веретено деления и хромосомы, центромеры которых направлены к разным полюсам. Иногда удается рассмотреть биваленты и сосчитать их число (гаплоидное).

Анафаза I. Гомологичные хромосомы расходятся к полюсам, центромерой они обращены к полюсам клетки, приобретая V-образную форму.

Телофаза I. Внутри клетки видны два ядра, более мелкие по размеру, чем исходное ядро.

Метафаза II. Внутри одной клетки видны два веретена деления. Число хромосом гаплоидное. Каждая хромосома состоит из двух хроматид, соединенных центромерой.

Анафаза II. К полюсам расходятся половинки хромосом, т. е. после деления центромерного участка хроматиды становятся хромосомами.

Телофаза II. Видны четыре вновь образованных ядра в одной клетке. После цитокинеза (деление цитоплазмы) внутри материнской клетки, которая еще сохраняет оболочку, лежат четыре новые клетки — микроспоры. У однодольных растений все четыре микроспоры лежат в одной плоскости, у двудольных три микроспоры лежат в одной плоскости и одна микроспора — в другой плоскости.

Работа требует хорошего знания процесса мейоза, большой наблюдательности и аккуратности. На рисунках в альбоме должны быть представлены все основные фазы мейоза, а также стадии профазы I. На рисунках следует указать хромосомы, хроматиды, биваленты, хиазмы.

РАБОТА № 13

Мейоз и развитие мужских половых клеток

Цель. Познакомиться с этапами формирования мужских половых клеток и поведением хромосом в мейозе.

Оборудование. Фиксированные семенники саранчовых, микроскопы, бинокулярные или штативные лупы, пред-

метные и покровные стекла, препаровальные иглы, пинцеты, фильтровальная бумага.

Реактивы. Краситель (например, ацетоорсеин), 45%-ная уксусная кислота, парафин.

Ход работы

Фиксация семенников. Семенники насекомых последнего личиночного возраста или молодых имаго учитель может зафиксировать заранее в смеси 96%-ного этилового спирта (3 части) и ледяной уксусной кислоты (1 часть) в течение 20—30 мин. Фиксированный материал следует промыть в 70%-ном этиловом спирте (15—20 мин) и хранить в небольшом количестве свежей порции 70%-ного спирта в плотно закрытом флаконе при температуре 4 °С.

Семенник представляет собой слившийся парный орган, расположенный в спинной части брюшка и обычно окутанный жировым телом. Он состоит из отдельных семенных фолликулов, открывающихся в семяпроводы (рис. 16).

Перед вступлением в мейоз будущие половые клетки размножаются. Происходит это в концевой части фолликула. Там и можно наблюдать разные стадии митоза (рис. 17). Обычно будущие половые клетки делятся 5—6 раз и образуют группу из 32—64 сестринских клеток. Эти клетки, окруженные оболочкой из клеток соматического происхождения, образуют *цисту*. Все клетки цисты одновременно вступают в мейоз и в дальнейшем практически синхронно проходят все этапы образования половых клеток.

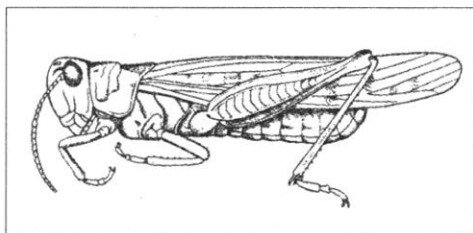


Рис. 15. Саранча



Рис. 16. Семенник саранчи



Рис. 17. Стадии митоза в сперматогониях

Небольшая асинхронность наблюдается только во время кратковременных стадий. Так, в одной цисте можно одновременно увидеть клетки на стадиях метафазы, анафазы и телофазы как первого, так и второго деления мейоза.

Очистите семенник от жировой ткани с помощью препаровальных игл. Осторожно отделите 2—3 фолликула, поместите их на покровное стекло в каплю красителя. Оставьте на 20—30 мин, добавляя краситель по мере высыхания. Уберите краситель с помощью фильтровальной бумаги и замените его 45%-ной уксусной кислотой. Затем поместите окрашенные фолликулы в каплю 45%-ной уксусной кислоты, накройте их покровным стеклом и осторожно раз-

давите. Клетки фолликулов должны распределиться между стеклами в один слой. Края покровного стекла можно окантовать расплавленным парафином, чтобы уксусная кислота не высыхала и с препаратом можно было работать в течение нескольких часов. Для того чтобы наблюдать все стадии мейоза, лучше приготовить несколько препаратов.

При малом увеличении микроскопа можно увидеть большие скопления клеток с ядрами одинаковой морфологии. Это клетки одной цисты.

Рассмотрите и зарисуйте как можно больше различных стадий мейоза, сравнивая их с фотографиями. Лучше всего использовать объектив $\times 90$.

В диплоидном наборе самцов саранчовых нечетное число хромосом, так как у самцов имеется только одна половая хромосома (у самок две). В зависимости от вида саранчи у самцов можно обнаружить 23 или 17 хромосом в кариотипе (у самок 24 или 18 хромосом соответственно). Если хромосом 23, то все они одноплечие (на рисунках 17—21 представлены именно они). Если хромосом 17, то три пары хромосом двуплечие, остальные, в том числе и X-хромосома, одноплечие.

Профаза I. Половая хромосома в сперматогенезе ведет себя не так, как аутосомы: она конденсируется до размеров метафазной хромосомы сразу, как только клетка вступает в профазу I мейоза, и остается в виде плотного тельца в течение всей профазы.

Клетки в профазе I мейоза легко отличить от всех других не только по поведению X-хромосомы, но и по характерной морфологии аутосом. Начиная с лептотены, аутосомы приобретают «ершистый» вид (хромосомы типа ламповых щеток) и сохраняют эту «ершистость» до конца диакинеза.

В лептотене—зиготене хромосомы сохраняют «фигуру букета» — расположение центральных районов всех хромосом на одном из полюсов ядра. Лептотену от зиготены можно отличить, если эти клетки окажутся рядом в поле зрения микроскопа. На стадии зиготены ядра клеток крупнее, и в них заметны границы между спаренными и неспаренными участками гомологичных хромосом (рис. 18).

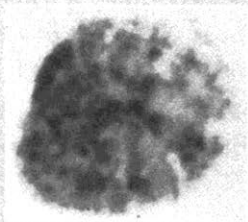
Стадия пахитены обычно самая длительная, и поэтому клетки на этой стадии встречаются в большом количестве. Ядра клеток на этой стадии еще крупнее, чем на стадии зиготены, «фигура букета» разрушается, биваленты легко различимы, и часто их можно сосчитать (см. рис. 18).

В диплотене—диакинезе происходит конденсация хроматина, биваленты при этом укорачиваются и приобретают характерный вид в зависимости от числа и расположения мест, в которых происходит кроссинговер (рис. 19).

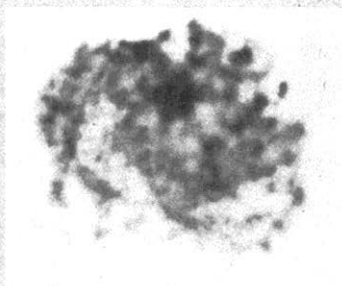
Метафаза I. На этой стадии биваленты можно сосчитать, их 11 (или 8 у 17-хромосомных видов). Однако из-за плотной конденсации хроматина морфологию бивалентов трудно различить. Тем не менее среди бивалентов можно легко обнаружить половую хромосому.

◀ Рис. 18. Стадии ранней про-
фазы I мейоза

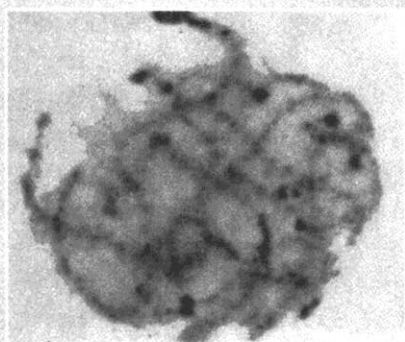
Рис. 19. Стадии поздней про-
фазы I и метафаза I мейоза
▼



Лептотена



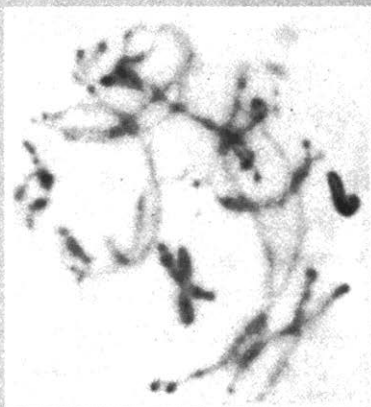
Зиготена



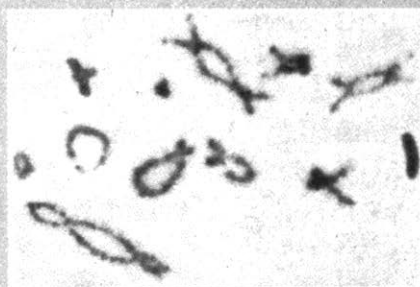
Ранняя пахитена



Поздняя пахитена



Диплотена



Диакинез



Метафаза I

Она обычно оказывается ближе к одному из полюсов (см. рис. 19).

Анафаза I. Половая хромосома уходит к одному из полюсов. Она, так же как и аутосомы, состоит из двух хроматид. Поэтому даже в поздней анафазе I, когда хромосомы собраны на полюсе, можно с уверенностью определить, что это анафаза именно первого деления, пересчитав теломерные районы хромосом (рис. 20).

Телофаза I. Эту стадию можно уверенно определить только в том случае, если клетки на этой стадии находятся в окружении клеток на стадии анафазы I, т. е. в пределах одной цисты.

Клетки на стадии *интеркинеза* встречаются редко, так как эта стадия очень короткая. В них нет морфологических особенностей, отличающих их от других интерфазных клеток, и, чтобы определить эту стадию, необходимо измерить содержание ДНК в ядрах.

Профаза II также очень короткая стадия. Она встречается редко, но легко идентифицируется по гаплоидному числу не полностью конденсированных хромосом (рис. 21).

Метафаза II. На этой стадии хромосомы в гаплоидном числе обычно располагаются по кругу. Как правило, две сестринские клетки лежат рядом, и можно сосчитать в одной 12, в другой 11 хромосом (у 17-хромосомных видов 9 и 8 хромосом соответственно).

Анафазу II можно легко отличить от анафазы первого деления, так как

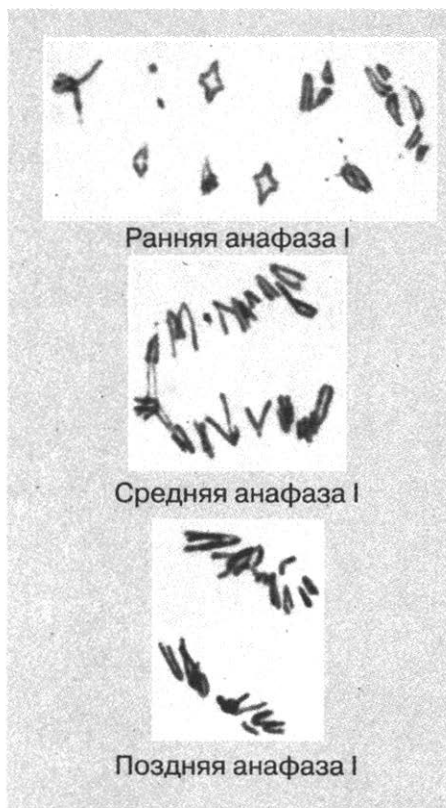


Рис. 20. Стадии анафазы I мейоза



Профаза II



Две клетки на стадии
метафазы II



Анафаза II



Телофаза II

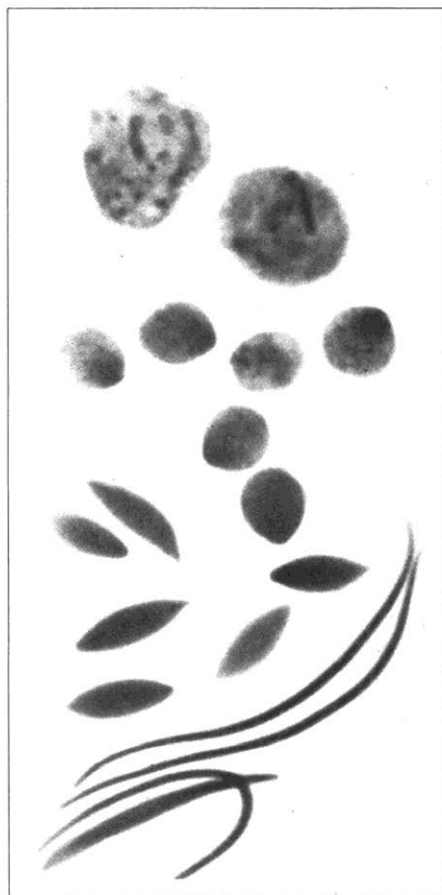


хромосомы, отходящие к полюсам, состоят из одной хроматиды. То же можно сказать и про *телофазу II* (см. рис. 21).

Прежде чем гаплоидная клетка, образовавшаяся в процессе мейоза

◀ Рис. 21. Стадии второго деления мейоза

Рис. 22. Ядра сперматид разного возраста и сперматозоидов саранчи ▼



(сперматиды), превратится в зрелый сперматозоид, у саранчовых проходит больше недели. Все это время клетки остаются в семенном фолликуле, постепенно дифференцируясь. Одной из особенностей дифференцировки является изменение формы ядра — у зрелого сперматозоида ядро имеет нитевидную форму (рис. 22). Процесс превращения округлого ядра с рыхлым состоянием хроматина в нитевидное ядро с гомогенным распределением хроматина идет постепенно через ряд промежуточных состояний. При анализе препаратов скопления этих клеток обращают на себя внимание в первую очередь.

РАБОТА № 14

Сперматогенез и овогенез. Строение половых клеток. Начальные стадии дробления яйцеклетки

Цель. Познакомиться со стадиями формирования половых клеток и с начальными этапами развития зародыша.

Оборудование. Готовые препараты семенников и яичников животных, фиксированные сперматозоиды и яйцеклетки (икринки) лягушки, живые икринки гладкой шпорцевой лягушки (аксолотля, ребристого тритона) на разных стадиях развития, микроскопы, бинокулярные или штативные лупы, чашки Петри, препаровальные иглы, предметные и покровные стекла, часовые стекла.

Ход работы

1. **Сперматогенез.** Рассмотрите и зарисуйте половые клетки на разных стадиях сперматогенеза. На препарате видны перерезанные в различных направлениях семенные каналцы. Выберите один из каналцев для более подробного изучения. Большая часть среза через каналец заполнена мешковидными цистами, примыкающими к мембране каналца. Стенки цисты образованы фолликулярными клетками. Внутри цист расположены половые клетки. В каждой цисте развитие клеток происходит синхронно. В разных цистах можно наблюдать половые клетки на разных этапах сперматогенеза. Цисты с половыми клетками периода роста легко найти: сперматоциты I порядка наиболее крупные, сперматоциты II порядка заметно меньше.

Наибольший объем имеют цисты со сперматидами. Сперматиды рыхло располагаются в полости цист. На поздних стадиях развития сперматиды становятся овальными, появляется хвостовая нить. На заключительном этапе сперматогенеза головка приобретает характерную форму, хвостовая нить удлиняется.

Найдите и зарисуйте разные стадии сперматогенеза, сравнив их с рисунком 95 в учебнике. Зарисуйте несколько сперматозоидов и обозначьте их части.

2. *Строение яйцеклетки* можно рассмотреть на фиксированном или живом препарате икринки лягушки. Икринки можно заготовить заранее, зафиксировав в 10%-ном формалине (перед занятием материал отмывают от формалина в проточной воде 12—24 ч). Рассматривая икринку, следует обратить внимание на толстую прозрачную студенистую (третичную) оболочку яйца. Яйцо лягушки имеет четкую полярность. Анимальное полушарие содержит гранулы пигмента меланина. Более крупные гранулы желтка сосредоточены в вегетативном полушарии.

Зарисуйте строение яйца лягушки.

3. *Этапы эмбрионального развития земноводных.*

К этой работе можно подготовить нерест легко размножающихся в неволе земноводных, таких, как гладкая шпорцевая лягушка, аксолотль или ребристый тритон. Их икра даст возможность рассмотреть строение яйцеклетки, а также этапы эмбрионального развития земноводных. Если после нереста поместить оплодотворенную икру в различные температурные условия, то к лабораторному занятию можно получить икринки на разных стадиях развития. Иногда на стенках аквариума можно обнаружить кладки яиц аквариумных моллюсков. Их осторожно скабливают со стекла и переносят в чашку Петри.

Поместив икринки вместе с водой из аквариума в чашку Петри, рассмотрите икру под биноклем или объективом штативной лупы. Однако на живых клетках трудно увидеть все стадии дробления, поэтому можно приготовить серию фиксированных препаратов. Сочетая рассматривание живых икринок и фиксированных препаратов, можно воссоздать основные этапы начальной стадии развития эмбриона.

Найдите на препаратах, рассмотрите и зарисуйте следующие стадии: 1) первая борозда дробления — стадия двух бластомеров; 2) стадия четырех бластомеров; 3) стадия восьми бластомеров; 4) стадия ранней бластулы — 64 бластомера; 5) стадия гаструлы (найдите бластопор); 6) стадия нейрулы (продолговатая форма, на спинной стороне зародыша появляется утолщенная широкая полоса эктодермы — нервная пластинка).

РАБОТА № 15

Дрозофила как объект генетических исследований. Постановка моногибридного и дигибридного скрещиваний

Цель. Познакомиться с одним из наиболее удобных объектов генетического исследования — плодовой, или укусной, мухой *Drosophila melanogaster*. Изучить биологию и морфологические признаки дрозофилы. Научиться готовить питательную среду для мух и их личинок, заложить опыты на моногибридное и дигибридное скрещивания.

Оборудование. Стаканчики или широкие пробирки диаметром 4 см, высотой 10 см (можно использовать маленькие банки с плотно закрывающимися крышками), ватные пробки, эфир, морилки, плитка белого кафеля или молочно-белое стекло, бинокулярная лупа или лупы с двух-, четырех- и семикратным увеличением, мясорубка, кастрюля, электрическая плитка, технические весы, термостат, мензурка, глазной пинцет или мягкая кисточка, карандаш по стеклу, изюм, картофель, агар-агар, дрожжи.

Линии дрозофил: 1) нормальные (серое тело, нормальные крылья); 2) мутантные (серое тело, зачаточные крылья); 3) мутантные по двум признакам (темное тело, зачаточные крылья).

Ход работы

1. *Приготовление питательной среды для мух и их личинок.* Приводим рецепты наиболее простых питательных сред:

- а) Вода — 100 г
- Изюм — 50 г
- Агар-агар — 2 г

б) Вода — 100 г
Картофель — 100 г
Агар-агар — 1 г

в) Вода — 200 г
Картофель — 100 г
Изюм — 75 г
Агар-агар — 2 г

Промытый в воде изюм и вареный очищенный картофель несколько раз пропустите через мясорубку. Агар-агар растворите в воде при кипячении и положите туда изюм с картофелем. Смесь прокипятите 15—20 мин, постоянно помешивая. Готовую горячую питательную среду через воронку разлейте по стаканчикам (по 25 мл).

Питательная среда не должна попадать на внутреннюю стенку стаканчика. После охлаждения она может храниться в холодильнике около месяца. Перед посадкой мух на поверхность корма наносят мазок дрожжей, которыми питаются взрослые мухи (личинки питаются средой). Среда с дрожжами до посадки мух может храниться не более двух-трех дней.

2. *Наркотизация мух.* Перед посадкой мух на среду необходимо научиться их наркотизировать. Наркотизация мух проводится в вытяжном шкафу в следующем порядке.

Возьмите пробирку (или стаканчик) с дрозofiлами, осторожно постучите по пробирке, осадив мух на дно. Выньте пробку из морилки и ватный тампон из пробирки с мухами, приложите морилку и пробирку горлышками друг к другу (морилка внизу) и слегка постучите по пробирке, чтобы мухи высыпались из пробирки в морилку. Закройте морилку пробкой. Слегка постукивая пальцем по морилке, наблюдайте за мухами, пока они не перестанут двигаться и не упадут на дно. Для наркотизации используют серный эфир или в крайнем случае хлороформ (нанесите 2—3 капли на кусочек ваты и поместите его в морилку).

Наркотизированных мух высыпьте на белую пластинку и рассмотрите под биноклем. Обращаться с мухами следует осторожно. Для перемещения наркотизированных мух обычно используют птичье перо или мягкую кисточ-

ку, которыми действуют, как метелкой. Мух сметают на бумажку и высыпают в пробирку. В крайнем случае их можно брать только тонким пинцетом за крыло.

3. *Ознакомление с биологией дрозофилы.* Мухи, имеющие серое тело, нормальные крылья и красные глаза, — нормальные (дикого типа). Такие мухи широко распространены в природе; встречаются на юге Украины, в Закавказье, Средней Азии. Питаются они забродившим соком деревьев и плодов. В средней полосе появляются летом с овощами и фруктами с юга. Мухи с темным телом и зачаточными крыльями — мутанты. В природе они встречаются крайне редко; их разводят в лабораториях для научных целей.

Для успешного проведения скрещивания необходимо научиться отличать самок от самцов по следующим признакам: 1) самки немного крупнее самцов; 2) брюшко у самок заостренное из-за яйцеклада, а у самцов округлое; 3) на всем брюшке самок можно различить темные полосы, у самцов эти полосы на конце брюшка сливаются в общее темное пятно (рис. 23).

Взрослые мухи в хороших условиях живут около месяца. Оптимальная температура для развития дрозофил 24—25 °С. Цикл развития при этом составляет около 10—12 сут. При низких температурах (10—15 °С) мухи не погибают, но темпы развития сильно затягиваются (это следует учитывать, если требуется увеличить время, необходимое для проведения опыта).

4. *Постановка опытов на моно- и дигибридном скрещивания.* На этом занятии необходимо заложить опыты на получение потомства в моно- и дигибридном скрещиваниях.

1) Для моногибридного скрещивания отберите две-три самки с нормальными крыльями. Их можно обозначить *Normal (N)*. Самок отсаживают от родителей и самцов не

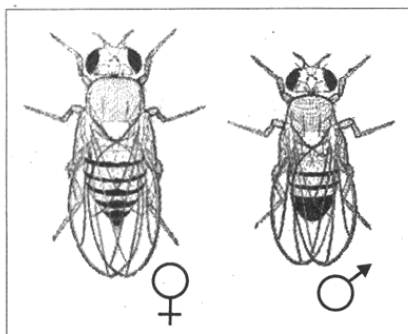


Рис. 23. Самка и самец дрозофилы нормального (дикого) типа

позднее 10—12 ч после вылупления из куколки, так как они должны быть виргильными (девственными). К ним в пробирку подсаживают двух-трех самцов с зачаточными крыльями. Их обозначают *vestigial (vg)*. (Для части группы можно рекомендовать осуществить обратное, или реципрокное, скрещивание: ♀*vg* × ♂*N*.)

2) Для дигибридного скрещивания отберите две-три самки, нормальные по признакам окраски тела и форме крыла, и двух-трех самцов с темным телом *ebony (e)* и зачаточными крыльями (*vg*). (Часть группы ставит реципрокное скрещивание: ♀*vg/e* × ♂*N*.)

На пробирках карандашом по стеклу напишите дату, номер опыта, фамилию и класс. Пробирки поместите в термостат при температуре 24—25 °С. В тетради ведите дневник наблюдений.

Номер опыта	Дата	Краткая запись скрещивания	Анализ полученного результата

РАБОТА № 16

Анализ наследования признаков в первом поколении моногибридного и дигибридного скрещиваний.

Постановка опыта на наследование, сцепленное с полом

Цель. Наблюдать на практике результаты проявления генетических законов. Приобрести навык работы с важным генетическим объектом — плодовой мушкой дрозофилой.

Оборудование. Пробирки с мухами F_1 от моногибридного и дигибридного скрещиваний; морилки, эфир, кисточки, белые кафельные плитки, лупы, стаканчики с питательной средой.

Линии дрозофил: 1) нормальные (красные глаза); 2) мутантные (белые глаза).

Ход работы

1. Анализ первого поколения (F_1), полученного при моногибридном скрещивании. Проанализируйте получен-

ное в опытах с дрозофилой потомство. Для этого пересыпьте в заряженную эфиром морилку мух из опыта, поставленного на моногибридное скрещивание. После того как они уснут, высыпьте их на белую кафельную плитку и внимательно рассмотрите. Подсчитайте общее число мух в опыте, число самцов и самок. Определите морфологические признаки первого гибридного поколения, сравните с ожидаемым результатом. Все данные запишите в дневник наблюдений. Скрестите мух из поколения F_1 между собой для получения особей F_2 .

2. *Анализ первого поколения (F_1), полученного при дигибридном скрещивании.* Проанализируйте потомство, полученное в опытах по дигибридному скрещиванию. Результаты также занесите в дневник наблюдений. Скрестите мух из поколения F_1 между собой для получения особей F_2 .

3. *Постановка опыта на наследование, сцепленное с полом.* Заложите опыты для анализа сцепленного с полом наследования. Для этого возьмите два стаканчика с питательной средой. В один поместите три-четыре нормальные красноглазые самки (гомозиготы) и двух-трех белоглазых самцов — мутация *white* (*w*); в другом стаканчике осуществите реципрокное скрещивание: посадите туда три-четыре белоглазые самки и двух-трех нормальных красноглазых самцов.

РАБОТА № 17

Анализ наследования признаков во втором поколении моногибридного и дигибридного скрещиваний.

Анализ наследования в первом поколении признаков, сцепленных с полом.

Постановка опыта на сцепленное наследование

Цель. Наблюдать на практике результаты проявления генетических законов.

Оборудование. Пробирки с мухами F_2 от моно- и дигибридного скрещиваний; пробирки с мухами F_1 от скрещивания на сцепленное с полом наследование. Морилки, эфир, кисточки, белые кафельные плитки, лупы, стаканчики со средой.

Линии дрозофил: нормальные (*Normal*) и мутантные: черная окраска тела (*black*), зачаточные крылья (*vg*).

Ход работы

1. Анализ второго поколения (F_2), полученного при моногибридном и дигибридном скрещиваниях. Проанализируйте потомство F_2 от моно- и дигибридного скрещиваний. Подсчитайте число мутантных и нормальных дрозофил. Выводы по анализу и все данные запишите в дневник наблюдений. Просуммируйте результаты моно- и дигибридного скрещиваний, полученные всей группой. Обсудите результаты опыта.

2. Анализ первого поколения (F_1), полученного в опыте на наследование, сцепленное с полом

1) Рассортируйте гибридных мух F_1 по окраске глаз и полу. Подсчитайте мух в каждой группе и результаты запишите в дневник. Сравните результаты наследования изучаемого признака при прямом и обратном скрещиваниях.

2) Заложите опыт на скрещивание гибридов F_1 между собой для получения F_2 (отдельно по первому и второму вариантам).

3. Постановка опыта на сцепленное наследование и кроссинговер. Скрестите нормальных дрозофил (N) с гомозиготными мухами *black-vestigial*. Гены, определяющие эти признаки, находятся во второй хромосоме дрозофилы, т. е. в одной группе сцепления.

РАБОТА № 18

Анализ наследования во втором поколении признаков, сцепленных с полом.

Анализ сцепленного наследования в первом поколении.

Постановка опыта на кроссинговер

Цель. Провести анализ наследования признаков, сцепленных с полом, и анализ наследования при кроссинговере.

Оборудование. Пробирки с мухами F_2 от скрещивания на сцепленное с полом наследование; пробирки с мухами F_1 от скрещивания на сцепленное наследование.

Линии дрозофил: нормальные (*Normal*) и мутантные (*black-vestigial*).

Ход работы

1. Анализ наследования в F_2 признаков, сцепленных с полом. Рассортируйте мух F_2 по полу и окраске глаз. Под-

считайте мух во всех группах. Результаты запишите в тетрадь. Составьте схемы наследования рецессивного, сцепленного с полом признака *white* (белые глаза) при прямом и обратном скрещиваниях. Сравните данные с теоретически ожидаемыми для каждого варианта.

2. Сцепленное наследование и кроссинговер

1) Просмотрите мух F_1 : все они должны быть единообразными по доминантным признакам, т. е. серыми с длинными крыльями.

2) Поставьте анализирующее скрещивание гибридов F_1 с рецессивной родительской формой отдельно для самок и самцов. Для этого отберите самцов из F_1 и скрестите их с гомозиготными самками *black-vestigial*. Отберите самок из F_1 и скрестите их с гомозиготными самцами *black-vestigial*.

3) Получив следующее поколение, проведите генетический анализ. Изучите потомство от анализирующего скрещивания, где самцы были *Normal*, а самки *black-vestigial*. Разделите мух на два класса: нормальные особи и особи с черным телом и зачаточными крыльями. Подсчитайте мух в каждом классе, данные запишите в дневник. При наличии сцепления генов среди потомков в F_2 должны быть два класса дрозофил в соотношении 1:1. Составьте в тетради схему наследования генов.

Проанализируйте потомков от анализирующего скрещивания, где самки были *Normal*, а самцы *black-vestigial*. Разделите мух на четыре класса: серые крылатые, черные с зачаточными крыльями, черные крылатые, серые с зачаточными крыльями. Подсчитайте особей каждого класса и результаты запишите в дневник наблюдений. Установите численное соотношение между разными классами дрозофил. При произошедшем кроссинговере теоретическое соотношение классов должно быть 41,5% : 41,5% : 8,5% : 8,5%. Составьте схему наследования генов в проведенном опыте. Просуммируйте данные всей группы. Сравните результаты обоих анализирующих скрещиваний и сделайте выводы о кроссинговере у самцов и у самок дрозофилы.

Обсудите результаты всех опытов с дрозофилами.

Геномные и хромосомные мутации

Цель. Познакомиться с основными типами геномных и хромосомных мутаций у животных.

Оборудование. Предварительно подготовленные ксерокопии рисунков 25—29, ножницы, клей.

Ход работы

Рассмотрите фотографии хромосомных мутаций (рис. 24): делеции, инверсии, дупликации, транслокации, Робертсоновского слияния хромосом (разновидность транслокации, выделенная в самостоятельный раздел как играющая большую роль в эволюции кариотипов). Проанализируйте кариотипы, представленные на рисунках 25—29, найдите в них хромосомные мутации, подпишите перестроенные хромосомы согласно принятым обозначениям.

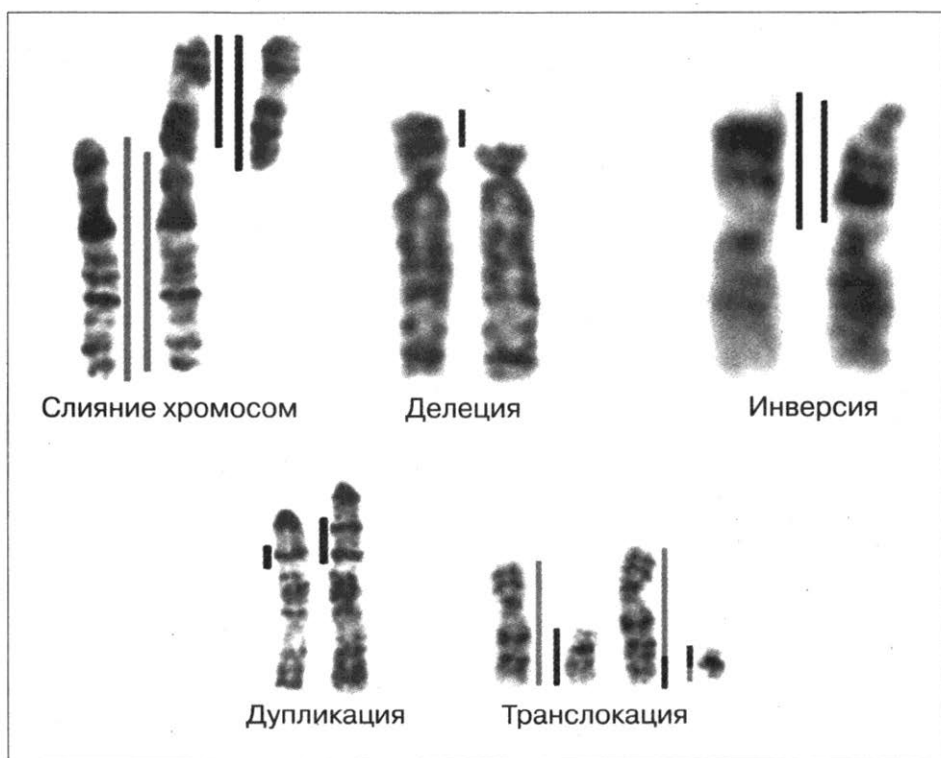


Рис. 24. Хромосомные мутации (слева в каждой паре — нормальная хромосома)

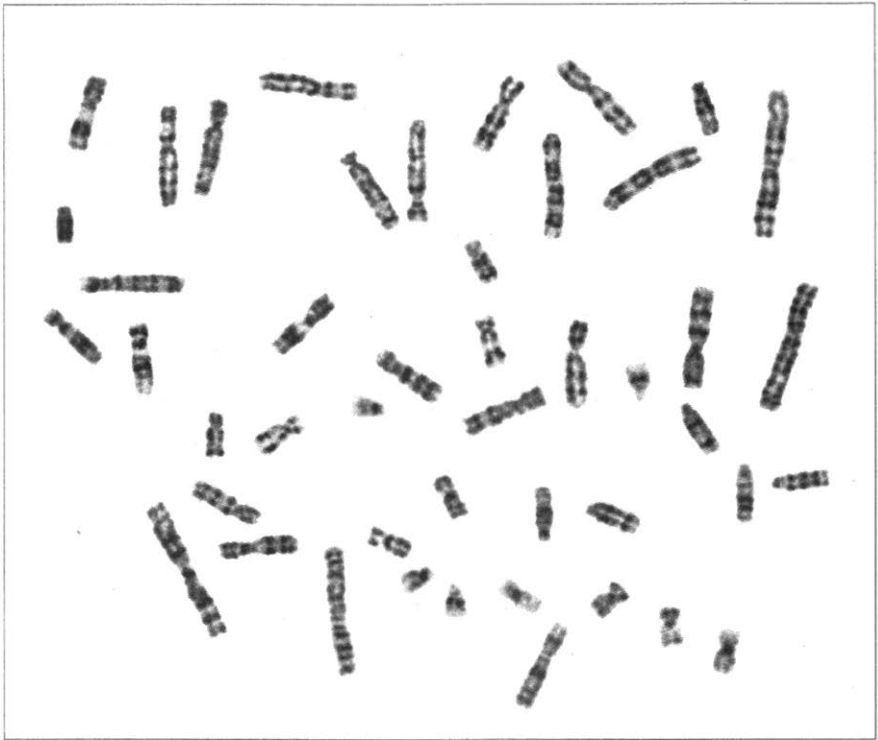


Рис. 25. Хромосомы человека

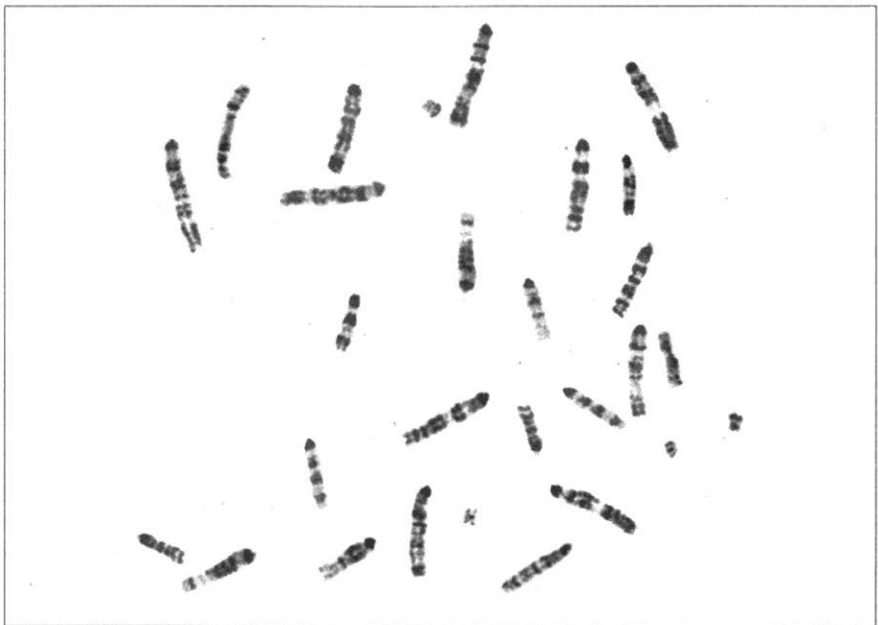


Рис. 26. Хромосомы крысовидного хомячка

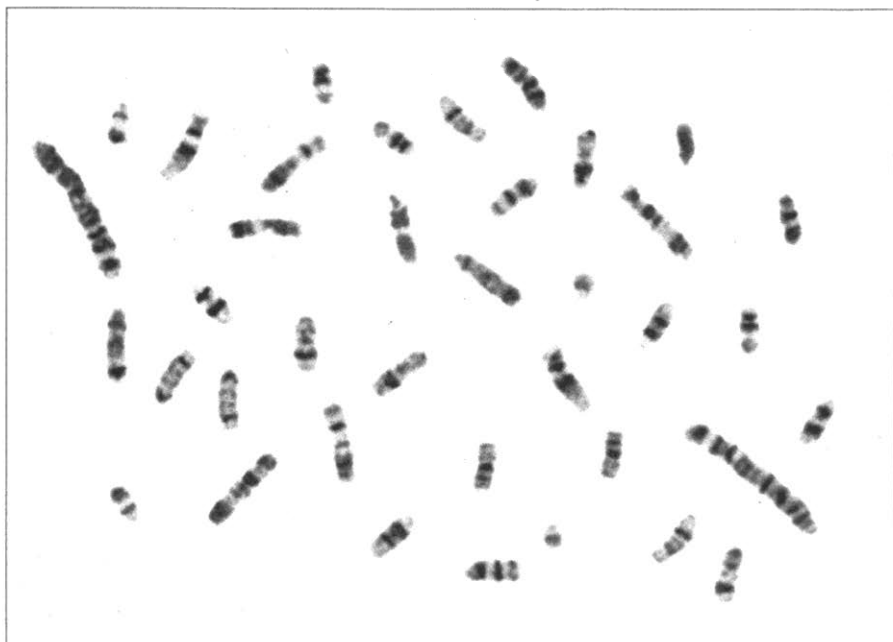


Рис. 27. Хромосомы зворонской полевки



Рис. 28. Хромосомы человека

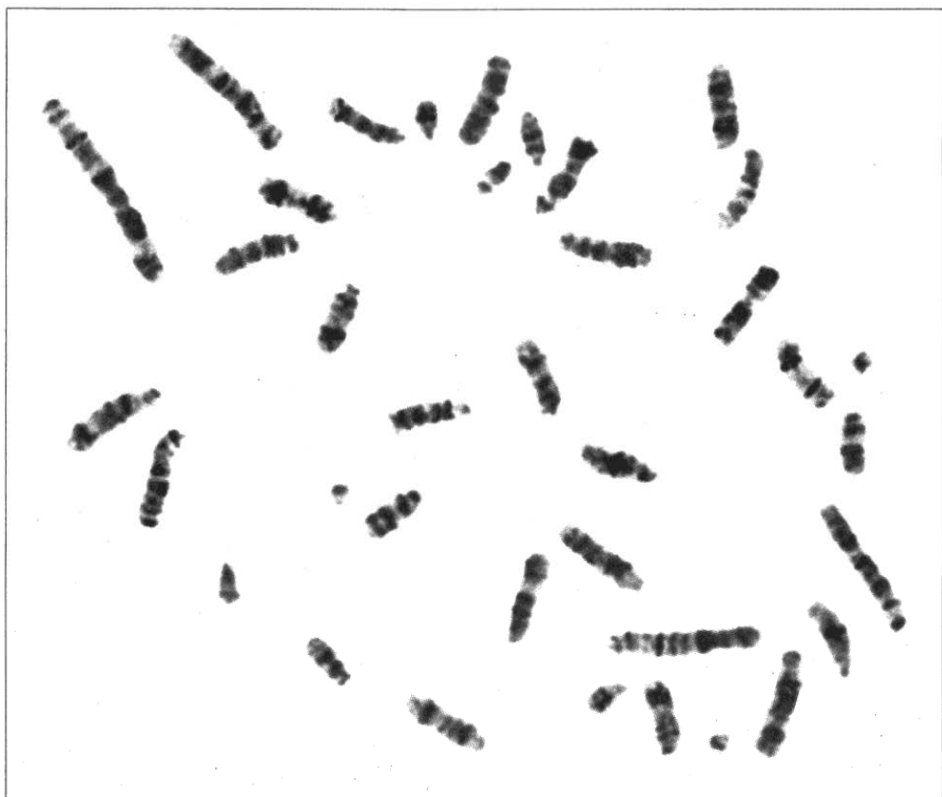


Рис. 29. Хромосомы мышевидного хомячка

Перестройки хромосом принято обозначать английскими аббревиатурами с указанием номера хромосомы: *del 5* (делеция пятой хромосомы), *dupl 3* (дупликация третьей хромосомы), *inv 4* (инверсия четвертой хромосомы), *t (9; 22)* (транслокация участка девятой хромосомы на двадцать вторую), *rb (6; 7)* (робертсоновское слияние шестой и седьмой хромосом). Для транслокаций в скобках указывают номера хромосом, обменявшихся участками. Из предлагаемых объектов только для человека существует общепринятая международная номенклатура хромосом, для остальных видов номера хромосомам присваивает исследователь. При этом принято располагать хромосомы в порядке уменьшения их размеров.

Кариотип человека. «Хромосомные» болезни человека

Цель. Познакомиться с кариотипом человека в норме и при патологии.

Оборудование. Предварительно подготовленные ксерокопии рисунков 30—34, ножницы, клей.

Ход работы

Проанализируйте нормальный кариотип человека (рис. 30). Нормальный кариотип человека состоит из 22 пар аутосом и пары половых хромосом. При анализе кариотипа хромосомы располагают группами по размеру и морфологии. У человека есть *метацентрические* и *субметацентрические* хромосомы, у которых плечи одинаковой или незначительно различающейся длины (хромосомы 1—3, 6—12, X, 16 и 19—20). У *субтелоцентрических* хромосом одно плечо заметно короче другого (хромосомы 4—5, 17—18).

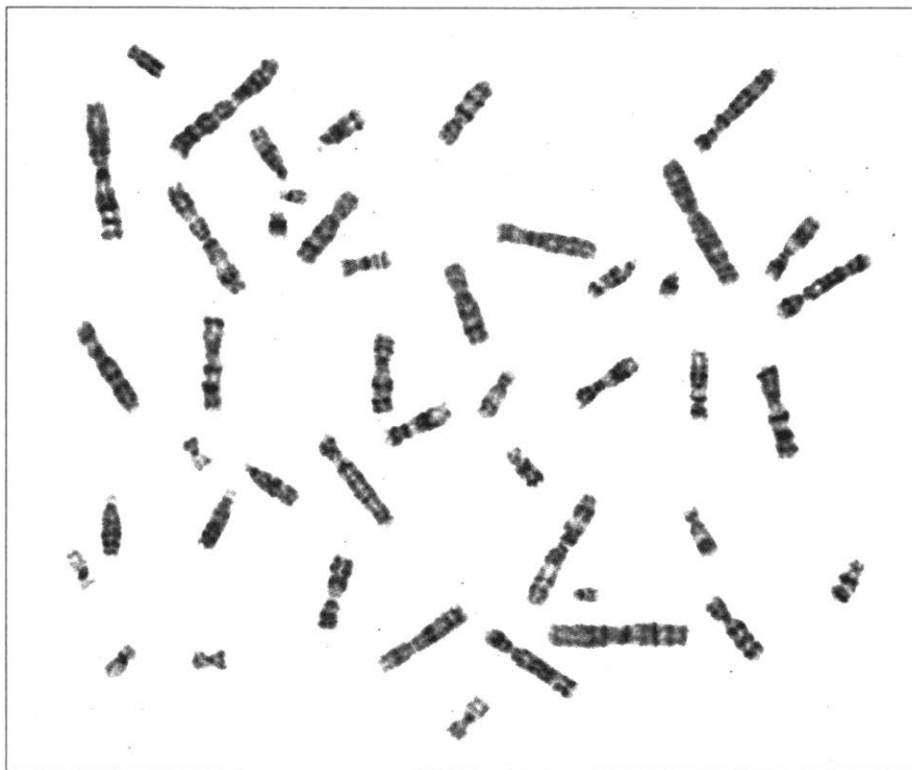


Рис. 30. Хромосомы здорового человека

У акроцентрических хромосом одно плечо очень короткое, почти незаметное (хромосомы 13—15, 21—22 и Y). В коротких плечах всех десяти акроцентрических аутосом у человека находятся гены рибосомных РНК. Эти участки называют *ядрышковыми организаторами*; в интерфазных клетках они сближаются, образуя ядрышко. В качестве образца для этой работы можно использовать рисунок 146 из вашего учебника или рисунок 49 из учебника «Общая биология» под редакцией Д. К. Беляева и Г. М. Дымшица (М.: Просвещение, 2007).

Проанализируйте кариотипы людей с так называемыми «хромосомными» болезнями (рис. 31 и 32). Определите, какие хромосомные нарушения вызывают эти заболевания.

Сравните кариотипы двух больных (не родственников) с болезнью Дауна (рис. 33 и 34) и определите, чем они различаются. Чем будет отличаться вероятность иметь здорового ребенка у родителей этих детей?



Рис. 31. Хромосомы больного с синдромом Кляйнфельтера



Рис. 32. Хромосомы больной с синдромом Тернера



Рис. 33. Хромосомы ребенка с синдромом Дауна

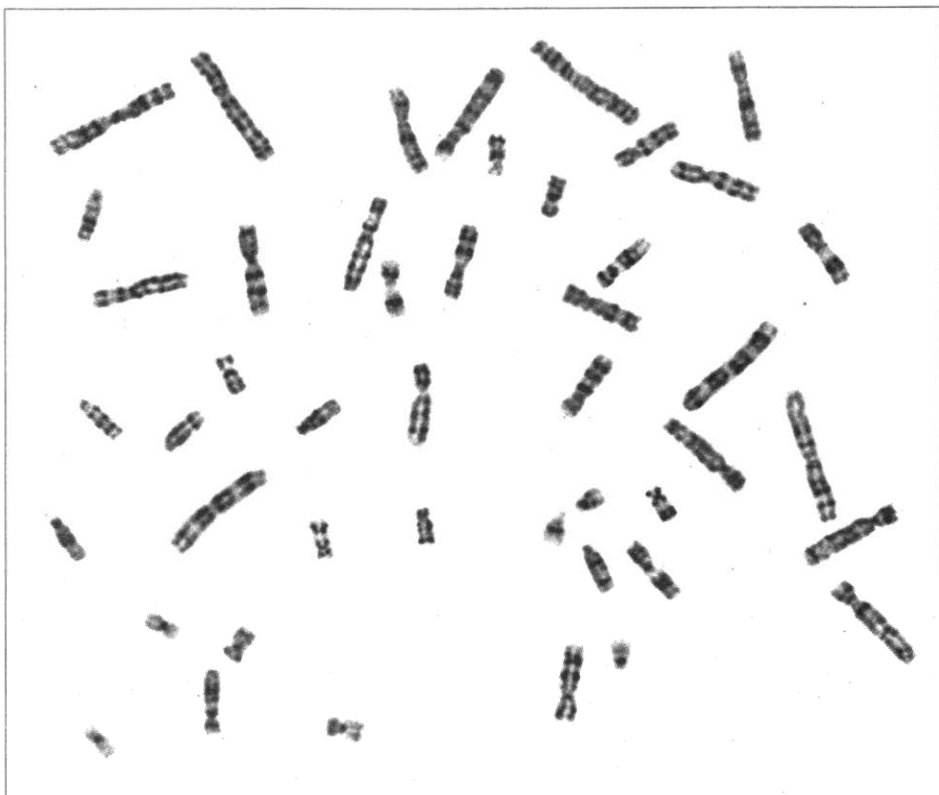


Рис. 34. Хромосомы ребенка с синдромом Дауна

РАБОТА № 21

Составление родословных и их анализ

Цель. Ознакомиться с генеалогическим методом исследования наследственных данных путем составления генеалогической таблицы семьи.

Оборудование. Таблицы с изображением схем родословных, карандаши, линейки.

Ход работы

1) Чтобы составить генеалогическую таблицу семьи, нужно собрать сведения об особенностях проявления какого-либо признака у ее членов. В качестве нормального признака, подлежащего генеалогическому изучению, можно взять, например, цвет глаз, волос, кожи, рост, леворукость, близнецовость и т. д.; в качестве патологического признака — сахарный диабет, близорукость, гипер-

тоническую болезнь, холецистит, язвенную болезнь и др. Сбор сведений проводите на основе тщательного изучения индивидуальных особенностей каждого из членов семьи. Сведения должны быть собраны не менее чем о трех поколениях (поколение дедушек и бабушек с обеих родительских сторон, поколение родителей, их братьев и сестер, двоюродных братьев и сестер и др.). В сведениях должны быть отражены фамилия, имя, отчество, возраст, пол, особенности труда и быта, характеристика изучаемого признака.

2) Используя собранный генетический материал, составьте генеалогическую таблицу семьи, используя принятые в генетике человека условные обозначения. В центре таблицы поместите носителя признака (пробанда), обозначив его в зависимости от пола двойным квадратом или кружком. Расположите в один ряд слева направо его братьев и сестер (в порядке рождения) и соедините их графическим коромыслом, проведенным над братьями и сестрами (сибсами). Выше укажите родителей, соединив их друг с другом линией брака. Далее соедините между собой горизонтальными линиями всех лиц одного и того же поколения, обозначив их арабскими цифрами, а вертикальными линиями родственников по восходящей и нисходящей линиям, обозначив их римскими цифрами.

3) Проведите тщательный анализ изучаемого признака: обратите внимание на многократную повторяемость этого признака у отдельных членов семьи на протяжении ряда поколений; оцените характер его наследования (доминантный, рецессивный, аутосомный, сцепленный с полом и т. д.).

Необходимо учитывать, что в характере проявления тех или иных признаков в поколениях существенную роль могут играть факторы среды (условия труда, быта и т. д.). Поэтому выявленная в родословной повторяемость одной и той же патологии в ряду поколений может создать иногда лишь видимость наследственного характера этой патологии.

Изменчивость. Построение вариационного ряда и вариационной кривой

Цель. Познакомиться со статистическими закономерностями модификационной изменчивости, научиться строить вариационный ряд и график изменчивости изучаемого признака.

Оборудование. Семена фасоли, бобов, колосья пшеницы, ржи, клубни картофеля, листья акации, клена (не менее 10 экземпляров одного вида), линейка или сантиметровая лента.

Ход работы

1. *Изучение изменчивости.* Рассмотрите несколько растений (семян, клубней, листьев и др.) одного вида, сравните их размеры или другие параметры (например, число колосков в колосе, массу семян, длину листовой пластинки, число листовых пластинок в перистых листьях). Данные запишите в тетрадь. Затем полученные данные занесите в таблицу, в которой по горизонтали расположите ряд чисел, отображающих последовательное изменение значений признака, под ним — частоту встречаемости каждого значения признака. Определите, какие значения признака встречаются наиболее часто, какие — редко. Отобразите на графике зависимость между значением признака и частотой его встречаемости.

2. *Построение вариационного ряда и вариационной кривой.* Измерьте рост каждого школьника в классе с точностью до сантиметра. Например, если рост составляет 165,7 см, то запишите 166 см. Сгруппируйте полученные значения, которые отличаются друг от друга на 5 см (150—155 см, 156—161 см и т. д.), и подсчитайте число учеников, входящих в каждую группу. Эти данные занесите в таблицу в порядке возрастания. Получится вариационный ряд изменчивости роста учеников.

Число учащихся	Рост

Постройте также вариационную кривую, откладывая по горизонтальной оси рост учащихся в сантиметрах, а по вертикальной оси число учащихся определенного роста.

Вычислите средний рост учеников класса путем деления суммы всех измерений на общее число измерений. Вычислите и отметьте на графике средний рост девочек и мальчиков.

Можно измерять и другие параметры, например длину стопы (размер обуви), размах рук, частоту пульса в покое и при дозированной нагрузке. При этом можно определить степень варьирования признака (на сколько процентов отклоняются крайние значения от среднего), сравнить этот показатель для разных признаков и определить, какие признаки обладают большей изменчивостью, а какие — меньшей.

РАБОТА № 23

Анализ генетической изменчивости в популяциях домашних кошек

Цель. Познакомиться с методами популяционной генетики.

Ход работы

В популяциях домашних кошек существует разнообразие аллелей генов, контролирующих окраску и структуру шерсти. Задача лабораторной работы — изучить встречаемость различных фенотипов в местных популяциях кошек, проанализировать частоты аллелей, сравнить генетические характеристики местных популяций с ранее изученными популяциями и объяснить различия между популяциями с точки зрения генетики и теории эволюции.

1) Сбор данных. Данные можно собирать, рассматривая кошек на улице или изучая кошек друзей и знакомых. Установите с помощью определителя генотип каждого животного. Определитель построен по принципу «теза—антитеза», т. е. к каждой строке таблицы приведены два или три варианта фенотипа, один из которых обязательно подходит к наблюдаемой кошке. В определитель не включены породистые кошки: сиамские, бирманские, ангорские (чисто-белые). Они, как правило, разводятся по породам, для них не соблюдается условие свободного скрещивания,

и они не могут рассматриваться как представители популяций. Таких кошек учитывать не следует.

Определитель генотипов

	Фенотип	Генотип
1 (2)	Длинношерстная	ll
2 (1)	Шерсть нормальной длины	L
3 (4, 5)	Имеет одно или несколько белых пятен, которые занимают более половины тела	SS
4(3, 5)	Имеет одно или несколько белых пятен, которые занимают менее половины тела	Ss
5 (3, 4)	Не имеет белых пятен	ss
6 (7)	Черная или имеет черные пятна	aa
7 (8)	Агути* (коричневато-серая) или имеет пятна агути	A
8 (9, 10)	Целиком рыжая (белые пятна могут быть или не быть, но нет ни черных, ни голубых, ни пятен агути)	$X^O X^O$ (♀) или $X^O Y$ (♂)
9 (8, 10)	Черепашовая, т. е. имеет рыжие и черные или пятна агути (белые пятна могут быть или не быть)	$X^O X^o$ (♀)
10 (8, 9)	Не имеет рыжих пятен	$X^o X^o$ (♀) или $X^o Y$ (♂)

*Примечание. Характер рисунка фона агути и рыжей окраски может быть разным — тигровым (поперечные полосы, рис. 35, а), леопардовым (точки) или мраморным (разводы). Не следует путать этот рисунок с черепаховой окраской, для которой характерно нерегулярное распределение рыжих и нерыжих (черных или агути) пятен (рис. 35, в).

Например, длинношерстная кошка коричневато-серой (агути) окраски с белым пятном на груди (см. рис. 35, а) соответствует описаниям 1, 4, 7, 10. Значит, ее генотип $ll Ss A-X^O X^o$. Черный длинношерстный кот с белым пятном (рис. 35, б) соответствует описаниям 1, 4, 6, 10. Значит, его генотип $ll Ss aa X^O Y$. Короткошерстная черепаховая кошка с белыми пятнами (рис. 35, в) соответствует описаниям 2, 4, 6, 9. Значит, ее генотип $L-Ss aa X^O X^o$.

Собранные данные занесите в журнал наблюдений.

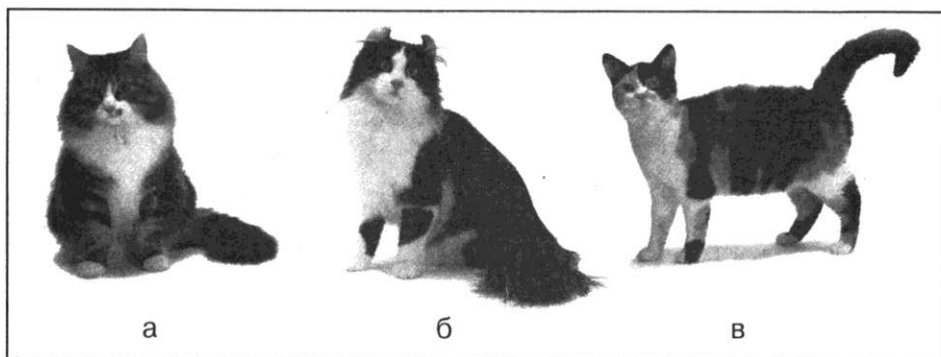


Рис. 35. Окраска кошек с разными генотипами (цветной вариант рисунка приведен на обложке)

Журнал наблюдений (образец)

№	Пол	Генотип			
		<i>ll</i>	<i>Ss</i>	<i>A-</i>	X^oX^o
1	♀	<i>ll</i>	<i>Ss</i>	<i>A-</i>	X^oX^o
2	♂	<i>ll</i>	<i>Ss</i>	<i>aa</i>	X^oY
3	♀	<i>L-</i>	<i>Ss</i>	<i>aa</i>	X^oX^o

2) Анализ аллельных частот. Прежде всего следует проверить, является ли исследованная популяция равновесной, т. е. соответствует ли наблюдаемое в ней соотношение частот генотипов уравнению Харди—Вайнберга

$$p^2(AA) + 2pq(Aa) + q^2(aa) = 1,$$

где p — частота аллеля A ; q — частота аллеля a .

Эту проверку можно провести, используя признак «белое пятно», по которому существует полное соответствие между фенотипами и генотипами. Для оценки частоты генотипов в популяции нужно разделить численность особей каждого генотипа SS , Ss и ss на общий объем выборки N и определить частоту аллеля S в популяции. Кошки SS имеют два аллеля S , кошки Ss — один аллель S , кошки ss не имеют ни одного аллеля S . Общее число аллелей (S и s) в популяции равно удвоенному числу особей в выборке. Следовательно, частота аллеля S в популяции равна $2(SS + Ss) : 2N$. Поскольку в популяции присутствуют только два аллеля гена S и s , то сумма их частот равна единице. Если частота аллеля S равна p , а частота ал-

леля s равна q , то $p + q = 1$. Отсюда частота аллеля s составит $q = 1 - p$. Для того чтобы проверить, действительно ли исследованная популяция находится в состоянии равновесия, подставьте вычисленные значения частот аллелей S и s в уравнение Харди—Вайнберга. В результате получатся частоты генотипов SS , Ss и ss , теоретически ожидаемые в равновесной популяции. Сравните ожидаемые частоты с реальными, обнаруженными в исследованной популяции.

В том случае, если расхождение между теоретически ожидаемыми и наблюдаемыми частотами генотипов невелико, можно использовать уравнение Харди—Вайнберга для вычисления частот рецессивных аллелей l и a в исследованной популяции. Согласно этому уравнению частота рецессивного аллеля в популяции равна квадратному корню из частоты гомозигот по данному аллелю. Например, если установлено, что среди обследованных 100 кошек 20 были длинношерстными, т. е. частота гомозигот ll равна 0,2, то частота аллеля l равна 0,45. С помощью уравнения Харди—Вайнберга определите, сколько короткошерстных кошек являются гетерозиготами Ll и сколько — гомозиготами LL . Таким же образом определите частоту аллеля a и ожидаемые частоты гомозиготных (AA) и гетерозиготных (Aa) кошек, имеющих окраску агути.

Ген рыжей окраски у кошек находится в X -хромосоме. Если вы определили пол у всех исследованных кошек, то можете точно определить и частоту аллеля O по формуле $(X^O Y + 2 X^O X^O + X^O X^o) : (X^O Y + X^o Y + 2(X^O X^O + X^O X^o + X^o X^o))$. Кошек, пол которых неизвестен, следует исключать из анализа частот аллелей гена O .

В нижеприведенной таблице собраны данные по частотам аллелей окраски и длины шерсти в популяциях нескольких городов России. Используя данные таблицы, сравните генетические характеристики исследованной популяции с ранее изученными популяциями кошек. Объясните различия между популяциями на основе знаний о факторах эволюции.

Частоты аллелей окраски и длины шерсти в популяциях кошек разных городов России

Город	Число кошек	Частота аллеля			
		<i>l</i>	<i>s</i>	<i>a</i>	<i>O</i>
Новосибирск	226	0,27	0,62	0,62	0,18
Кемерово	101	0,44	0,65	0,68	0,14
Иркутск	113	0,36	0,62	0,63	0,24
Ростов-на-Дону	120	0,16	0,68	0,51	0,07
Краснодар	131	0,12	0,67	0,52	0,07
Хабаровск	118	0,21	0,47	0,47	0,13
Владивосток	279	0,23	0,59	0,53	0,11
Исследуемая популяция					

РАБОТА № 24

Моделирование естественного отбора

Цель. Показать, как действует естественный отбор.

Оборудование. Ложки, вилки, столовые ножи, липкая лента, фасолины белого, коричневого и красного цвета.

Ход работы

1) Школьники разделяются на пять команд по шесть человек. Каждая команда имеет свои орудия охоты: ложки, вилки, столовые ножи, липкая лента, руки.

2) На траве (или на ковре) рассыпано 600 фасолин по 200 каждого цвета.

3) По сигналу охотники собирают фасолины в течение трех минут. Затем каждая команда подсчитывает собранные фасолины. Результаты заносят в таблицу.

4) Группа охотников, собравшая меньше всего фасолин, объявляется вымершей. Охотники из этой группы переходят в оставшиеся команды, получая средства охоты этих команд.

5) На поле удваивают число оставшихся фасолин каждого цвета. Например, если собрано всего 50 белых фасолин, то, значит, их осталось 150, и следует рассыпать еще 150. И так для каждого цвета.

6) Охота по тем же правилам повторяется еще три раза (три «поколения») до тех пор, пока останется только одна группа охотников.

Таблица результатов эксперимента

Первое поколение	Команда 1 «Руки»	Команда 2 «Ложки»	Команда 3 «Вилки»	Команда 4 «Ножи»	Команда 5 «Липкая лента»	Всего
Белые						
Коричневые						
Красные						
Всего						

Второе поколение	Команда 1 «Руки»	Команда 2 «Ложки»	Команда 3 «Вилки»	Команда 4 «Ножи»	Команда 5 «Липкая лента»	Всего
Белые						
Коричневые						
Красные						
Всего						

Третье поколение	Команда 1 «Руки»	Команда 2 «Ложки»	Команда 3 «Вилки»	Команда 4 «Ножи»	Команда 5 «Липкая лента»	Всего
Белые						
Коричневые						
Красные						
Всего						

Четвертое поколение	Команда 1 «Руки»	Команда 2 «Ложки»	Команда 3 «Вилки»	Команда 4 «Ножи»	Команда 5 «Липкая лента»	Всего
Белые						
Коричневые						
Красные						
Всего						

Вопросы для обсуждения

1. Какие команды вымерли и почему?
2. Почему мы удваивали число оставшихся фасолин?
3. Вымерла ли какая-нибудь группа фасолин? Если да, то почему именно она?
4. Какие реальные события в природе отражает этот эксперимент? Приведите примеры.
5. Фасолины какого цвета оказались наиболее приспособленными в условиях этого эксперимента и почему?
6. Какой способ охоты оказался самым успешным в этом эксперименте и почему?
7. Напишите отчет о работе и обсудите, как проведенный эксперимент иллюстрирует процесс отбора.

РАБОТА № 25

Изучение разнообразия мелких почвенных членистоногих в разных экосистемах

Цель. Познакомиться с влиянием различных абиотических факторов на биоразнообразие в экосистемах.

Оборудование. Листы ватмана, сито, воронки, стаканчики с водой, чашки Петри, фильтровальная бумага, пинцеты, биноклярные лупы.

Ход работы

1) Отберите пробы почвы из разных мест — из-под кустов в лесу, на лугу, на обочине утопанной тропинки, из компостной кучи и т. п. Пробы должны быть одинакового объема, например размером 10×10×10 см (пробы следует вырезать ножом).

2) Заранее подготовьте устройство для сбора мелких членистоногих (рис. 36). Для этого склейте из ватмана конус-воронку длиной примерно 50 см с верхним диаметром около 20—25 см. Конус закрепите в вертикальном положении. Сверху на конус положите сито с ячейками размером 1—2 мм (можно использовать натянутый на любой каркас капроновый тюль с подходящим размером отверстий). Нижний конец конуса должен входить в стаканчик или пробирку с водой. На сито положите образец почвы слоем 1,5—2 см. Сверху образец нужно освещать лампой (следите, чтобы образец не перегрелся, иначе животные погибнут; оптимальная температура — 20—24 °С). Можно просто поставить устройство на светлое место, но при этом желательно, чтобы конус был темным, так как выгонка членистоногих основана на том, что они избегают света и высыхания почвы. Уходя с поверхности образца вниз, они падают сквозь сито в воду. Через несколько часов воду из стаканчика нужно отфильтровать, фильтр положить в чашку Петри и рассмотреть под лупой. Чашка должна быть закрыта, так как животные от высыхания быстро погибают. Используя стандартный размер образцов и условия выгонки (время, влажность, температура), можно сравнить численность и разнообразие почвенной фауны в различных местообитаниях (влажные и сухие места, вытоптанная тропинка или богатая перегноем почва из-под кустов и т. п.). Основными обитателями лесной подстилки являются разнообразные клещи, коллемболы (мелкие белые первичнобескрылые насекомые). Для точного определения видового состава почвенных членистоногих нужны определители. Тем не менее и без определителя можно приблизительно подсчитать число отличающихся друг от друга форм.

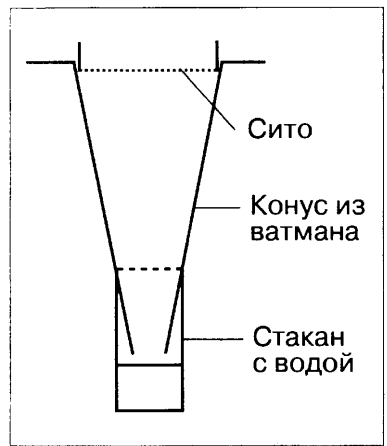


Рис 36. Электор (схема)

(полевая; может быть выполнена осенью и весной)

Воздействие человека на водную среду и берега водоемов

Цель. Показать, что все мы можем что-то предпринять для защиты окружающей среды от загрязнения.

Ход работы

Качество воды в водоеме в определенной степени зависит от того, что происходит на площади водосбора: эрозия почв может вызвать помутнение воды; сбросы промышленных предприятий, коммунальных хозяйств вызывают загрязнения; свалки и мусор на берегу водоема не только портят ландшафт, но могут быть также источником вредных веществ, вымываемых из отходов и попадающих в водоем.

1) Учащиеся делятся на группы, и каждая группа готовит сообщение: что им известно о местной реке или озере; откуда водоем собирает воду; протекает ли река через города; как используются земли, окружающие водоем; какие источники загрязнения могут влиять на качество воды.

2) Для изучения побережья реки или озера оно делится между группами на участки длиной от 100 до 200 м. Каждая группа описывает свой участок, учитывая все возможные источники загрязнения, а также бытовые и промышленные отходы на берегу. Группа оценивает роль источников загрязнения и свалок (велики или малы, постоянны или временны, длительно действующие или вновь появившиеся и т. д.).

3) Каждая группа выполняет план своего участка в установленном масштабе, чтобы затем можно было составить единый план. На план наносят полученные данные.

4) Проводят обсуждение результатов в классе. Обращают внимание на источники загрязнения, их местонахождение, влияние на реку как по ее течению, так и против него.

5) Каждая группа выступает с предложениями: что можно сделать, чтобы уменьшить загрязнение водоема; что могут сделать местные власти и сами учащиеся для того, чтобы уменьшить будущие загрязнения и исправить существующее положение дел. Каждая группа должна предложить меры спасения своего участка и воплотить их по возможности в жизнь (например, убрать мусор).

1. Определение наличия белков, углеводов, липидов и витаминов в различных продуктах питания.

Небольшие количества предназначенных для исследования продуктов (кусочки картофеля, яблок, орехов, семени подсолнечника, фасоль, горох и т. д.) тщательно разотрите в ступке с небольшим количеством воды до получения однородной полужидкой массы. Массу процедите через нейлоновую ткань для отделения твердых частиц. Полученный раствор должен быть прозрачным и бесцветным. Если исследуемые продукты окрашены (например, морковь или зелень), пигменты перед растиранием нужно удалить. Для этого мелко нарезанный продукт залейте 70%-ным спиртом, в случае необходимости подогрейте на водяной бане (**не пользоваться открытым огнем!**) до кипения, отфильтруйте. Однако следует помнить, что при такой обработке удаляются липиды и растворимые сахара, поэтому ее не следует применять, если хотят определить наличие этих веществ. Для определения липидов растертый материал следует вскипятить в воде. При этом липиды отделяются в виде капелек на поверхности раствора. Их можно окрасить суданом III.

Для определения наличия белка в молоке следует взять 1%-ное или снятое молоко. К молоку добавьте равный объем насыщенного раствора сернокислого аммония, перемешайте. Осаждается молочный белок казеин, в растворе остаются альбумины. Через 15—20 мин профильтруйте через бумажный фильтр. Для определения наличия белка в хлебе или муке нужно их замочить в дистиллированной воде (намокший хлеб размять) и поставить на сутки в холодильник. Затем хлеб отжать, раствор отфильтровать через бумажный фильтр и далее определять наличие белка в фильтрате.

Следует помнить, что все эти методы являются качественными, поэтому сравнивать количество содержащихся в разных продуктах веществ можно только ориентировочно.

2. Определение витамина С в яблочном соке.

Налейте в пробирку 2 мл сока и добавьте воды до общего объема 10 мл. Затем добавьте 3—4 капли крахмаль-

ного клейстера. В полученный раствор добавляйте по каплям 3%-ный раствор иода до появления устойчивого синего окрашивания, не исчезающего в течение 10—15 с. Определение основано на том, что молекулы аскорбиновой кислоты легко окисляются иодом. Как только иод окислит всю аскорбиновую кислоту, следующая же капля избытка раствора иода окрасит индикатор (крахмал) в синий цвет.

2. Определение активности аптечных ферментных препаратов (пепсина, панкреатина и др.) для разных субстратов и условий (рН и температуры).

3. Определение числа хромосом в диплоидных наборах различных растений.

Для проведения этой работы лучше всего использовать луковицы или достаточно крупные семена, которые легко прорастить на влажной фильтровальной бумаге. При этом корешки не должны перерасти, их длина должна быть не более 5 мм. Число хромосом определяют в давленных препаратах.

4. Сравнительное исследование политенных хромосом хирономусов разных видов.

Как правило, в одной местности могут встречаться несколько видов хирономусов, различающихся кариотипами. Политенные хромосомы характерны и для личинок других видов двукрылых, например мух, в том числе дрозофил. Работать с ними несколько сложнее из-за их малых размеров, однако после некоторой тренировки это возможно.

5. Изучение влияния различных абиотических факторов на развитие растений, например сравнение размеров, площади листьев и числа устьиц на единицу площади на нижней стороне листа у одуванчиков из разных местобитаний: влажных затененных мест, влажного луга, сухого солнечного места и т. д.



Задачник

Химия клетки и молекулярная биология

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. В результате мутации в одном из белков термофильной бактерии, живущей в гидротермальном источнике, произошла замена аминокислоты цистеина на аминокислоту тирозин. Какие последствия для бактерии может иметь такое изменение?

Решение. Цистеин — серусодержащая аминокислота, участвующая в образовании дисульфидных связей (дисульфидных мостиков), поддерживающих третичную структуру белка. Для термофильных организмов жесткость третичной структуры белков является жизненно важной, так как обуславливает их термостабильность. Замена цистеина на другую аминокислоту приведет к тому, что в данном месте белка не будет дисульфидного мостика, в результате чего третичная структура белка может потерять устойчивость к действию высоких температур.

Ответ. Замена может оказаться смертельной для бактерии из-за снижения термостабильности белка.

2. При изучении растительных липидов было обнаружено, что масло одного из растений содержит около 40% пальмитиновой кислоты, а масло другого — 50% линоленовой кислоты. Какое из масел выделено из плодов пальмы, а какое — из льняного семени?

Решение. По таблице с формулами жирных кислот определяем, что пальмитиновая кислота является насыщенной, а линоленовая — полиненасыщенной, т. е. значительно более легкоплавкой, чем пальмитиновая. Это означает, что в растении холодного климата льне должна содержаться линоленовая кислота. Действительно, пальмовое масло с высоким содержанием насыщенной пальмитиновой кислоты является жидким только в тропическом климате.

Ответ. Пальмитиновая кислота содержится в масле, выделенном из плодов пальмы, линоленовая — в льняном масле.

3. Для определения последовательности аминокислотных остатков в полипептиде проводят ряд реакций, в ре-

зультате которых полипептид разделяется на более короткие фрагменты, например:

а) деградация по Эдману — отщепление аминокислоты с N-конца;

б) карбоксипептидаза отщепляет аминокислоту с C-конца;

в) цианистый бром разрывает пептидную связь за метионином;

г) трипсин разрывает пептидную связь за лизином и аргинином;

д) химотрипсин разрывает пептидную связь за фенилаланином, триптофаном, тирозином и лейцином;

е) кислая фосфатаза разрывает пептидную связь за аспарагиновой кислотой и за глутаминовой кислотой.

При сопоставлении результатов реакций можно определить последовательность аминокислот в анализируемом полипептиде.

Определите последовательность аминокислотных остатков в полипептиде длиной в 12 остатков, содержащем аминокислоты Ала, Арг, Асп, Вал, Гли, Глу, Лиз, Мет, Сер, Тир, Трп, Фен, по результатам следующих опытов:

а) деградация по Эдману отщепляет Ала;

б) карбоксипептидаза отщепляет Сер;

в) обработка CNBr дает два фрагмента, состав которых:
Ала, Мет;

Арг, Асп, Вал, Гли, Глу, Лиз, Сер, Тир, Трп, Фен;

г) обработка трипсином дает три фрагмента:

Арг;

Ала, Вал, Лиз, Мет;

Асп, Гли, Глу, Сер, Тир, Трп, Фен;

д) обработка химотрипсином дает четыре фрагмента:

Фен;

Глу, Трп;

Гли, Сер;

Ала, Арг, Асп, Вал, Лиз, Мет, Тир;

е) обработка кислой фосфатазой дает три фрагмента:

Глу, Тир;

Гли, Сер, Трп, Фен;

Ала, Арг, Асп, Вал, Лиз, Мет.

Решение. Сначала для удобства составим таблицу, которую будем последовательно заполнять.

Положение аминокислотного остатка в полипептиде											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

По результатам реакций *a* и *б* можем сразу заполнить крайние столбцы таблицы.

Положение аминокислотного остатка в полипептиде											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ала											Сер

В результате реакции *в* получились два фрагмента, так как метионин присутствует в полипептиде только один раз. Поскольку цианистый бром разрывает пептидную цепь за метионином, то понятно, что метионин оказывается в первом фрагменте на последнем месте. В нашем случае метионин в полипептиде будет на второй позиции.

Положение аминокислотного остатка в полипептиде											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ала	Мет										Сер

После реакции *г* образовались три фрагмента, так как среди аминокислотных остатков в анализируемом полипептиде имеются один лизин и один аргинин и каждый из них занимает в своем фрагменте последнее место. Определить последовательность фрагментов очень просто. Поскольку в одном из фрагментов находятся аланин и метионин, то этот фрагмент и является первым в исследуемом полипептиде, причем лизин занимает четвертую позицию, первую и вторую мы установили ранее, следовательно, валлин будет на третьей позиции.

Фрагмент, содержащий Асп, Гли, Глу, Сер, Тир, Трп, Фен, последний в анализируемом полипептиде, так как в

нем нет лизина и аргинина, но имеется серин, который занимает двенадцатую позицию. Таким образом, аргинин нужно расположить на пятой позиции.

Положение аминокислотного остатка в полипептиде											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ала	Мет	Вал	Лиз	Арг							Сер

В результате реакции *d* образовались четыре фрагмента, так как в составе полипептида имеются фенилаланин, трирозин и триптофан, за которыми при этой реакции разрывается пептидная связь. Ясно, что фрагмент, содержащий глицин и серин, является последним в полипептиде. Понятно, какой из фрагментов будет первым. В его состав входят пять аминокислот, позиции которых нам известны. Последнюю, седьмую позицию занимает тирозин, для аспарагиновой кислоты остается свободной шестая позиция:

Положение аминокислотного остатка в полипептиде											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ала	Мет	Вал	Лиз	Арг	Асп	Тир				Гли	Сер

Последовательность аминокислотных остатков в позициях 8—10 остается пока неясной. Это может быть Фен-Глу-Трп или Глу-Трп-Фен.

Результаты последней обработки (реакция *e*) позволяют выбрать из этих двух вариантов второй, так как только при таком расположении аминокислотных остатков обработка карбоксипептидазой даст фрагмент, содержащий глутаминовую кислоту и тирозин.

Положение аминокислотного остатка в полипептиде											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ала	Мет	Вал	Лиз	Арг	Асп	Тир	Глу	Трп	Фен	Гли	Сер

Ответ. Последовательность аминокислотных остатков в анализируемом полипептиде следующая:

Ала	Мет	Вал	Лиз	Арг	Асп	Тир	Глу	Трп	Фен	Гли	Сер
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Ответ. Быстрее будет денатурировать второй участок молекулы ДНК.

6. При определении нуклеотидного состава нуклеиновой кислоты одного из вирусов было обнаружено, что в нее входят 24% урацила и 26% гуанина. Что можно сказать о строении генома этого вируса?

Решение. Исходя из того, что в нуклеиновой кислоте вируса был обнаружен урацил, делаем заключение, что вирус содержит РНК. А так как суммарное содержание урацила и гуанина составляет 50%, то, скорее всего, эта РНК двухцепочечная.

Ответ. Геном этого вируса представлен рибонуклеиновой кислотой, скорее всего, двухцепочечной (теоретически и в одноцепочечной РНК количество урацила и гуанина случайно может оказаться равным 50%, поэтому ответ будет предположительным).

7. Определите, чем различаются пептиды, закодированные в участках иРНК, обозначенных буквами *a* и *б*. Какое свойство генетического кода иллюстрирует этот пример?

а) ...5'-ЦУУ ГГЦ УЦУ УГУ ГАЦ ЦАЦ ЦГУ-3'...

б) ...5'-УУА ГГГ АГУ УГЦ ГАУ ЦАУ АГГ -3'...

Решение. Пользуясь таблицей генетического кода, напишем последовательность аминокислот в пептидах:

а) —Лей—Гли—Сер—Цис—Асп—Гис—Арг—

б) —Лей—Гли—Сер—Цис—Асп—Гис—Арг—

Несмотря на то, что все кодоны в участках *a* и *б* различны, пептиды, кодируемые этими участками РНК, одинаковы. Это свойство генетического кода называют *вырожденностью*: одну и ту же аминокислоту может кодировать более чем один кодон.

Ответ. Эти пептиды ничем не различаются. Пример иллюстрирует вырожденность генетического кода.

8. Участок нетранскрибируемой цепи ДНК имеет следующее строение:

5'...ТТА ГГГ ТГТ ГАЦ ЦАЦ ЦГТ...3'

Как будет выглядеть молекула иРНК, считанная с этого участка молекулы ДНК?

Решение. Для решения этой задачи можно сначала в соответствии с принципом комплементарности построить транскрибируемую цепь ДНК, а потом по ней построить

цепь иРНК. Однако решение может быть проще: достаточно вспомнить, что информационная РНК, комплементарная транскрибируемой цепи, идентична нетранскрибируемой (естественно, с заменой Т на У). Тогда иРНК будет выглядеть следующим образом:

5'...УУА ГГГ УГУ ГАЦ ЦАЦ ЦГУ...3'

Ответ. 5'...УУА ГГГ УГУ ГАЦ ЦАЦ ЦГУ...3'.

9. В короткой цепи белкового гормона инсулина у лошади на восьмом месте стоит аминокислота треонин, а у коровы — аланин, на девятом месте находятся соответственно глицин и серин. Что можно сказать о молекулярно-эволюционных событиях, разделивших эти два вида?

Решение. По таблице генетического кода находим, что треонин кодируется четырьмя триплетами АЦ..., а аланин — четырьмя триплетами ГЦ... . Следовательно, одно из мутационных событий, разделивших два вида, заключалось в замене первого нуклеотида в кодоне (А на Г или Г на А). Глицин кодируется четырьмя триплетами ГГ..., а серин — четырьмя триплетами УЦ... и двумя триплетами АГУ и АГЦ. Так как мутационные события редки, вероятность замены двух соседних нуклеотидов в одном кодоне мала, поэтому следует отдать предпочтение изменению, потребовавшему наименьшего числа событий. Таким изменением будет замена первого нуклеотида в одном из кодонов: АГУ→ГГУ или АГЦ→ГГЦ. Определить, у кого из этих животных сохранился более древний вариант гена, по предложенным данным невозможно.

Ответ. После эволюционного разделения копытных в данном участке гена произошли две замены аденина на гуанин (или наоборот) в первых позициях кодонов, соответствующих восьмой и девятой аминокислотам в короткой цепи инсулина.

10. Известно, что в участке ДНК находится не содержащий интронов ген, кодирующий тетрапептид. Этот участок имеет следующий состав:

...ГТАААТГЦЦТААЦГЦТТААГЦЦА...

Обозначьте концы фрагмента и определите состав пептида.

Решение. Так как в составе фрагмента имеется ген, он должен содержать старт-кодон. Поскольку интронов в ге-

не нет, то через три кодона в направлении $5' \rightarrow 3'$ от него должен находиться стоп-кодон. Следует помнить, что старт-кодону АУГ в транскрибируемой цепи ДНК соответствует кодон ТАЦ, в нетранскрибируемой — кодон АТГ. Точно так же стоп-кодонами в транскрибируемой нити ДНК будут АТТ, АТЦ и АЦТ, а в нетранскрибируемой — ТАА, ТАГ и ТГА. В приведенном фрагменте ДНК есть старт-кодон:

5'...ГТАААТГЦЦТААЦГЦТТААГЦЦА...3'

Теперь следует разбить этот участок цепи на кодоны:

5'...Г ТАА АТГ ЦЦТ ААЦ ГЦТ ТАА ГЦЦ А...3'

Через три кодона от старта находится стоп-кодон ТАА. Следовательно, эта цепь ДНК является нетранскрибируемой, значит, ей будет идентична (с заменой Т на У) иРНК этого пептида:

5'...Г УАА АУГ ЦЦУ ААЦ ГЦУ УАА ГЦЦ А...3'

Ответ. Состав тетрапептида будет следующим: Мет-Про-Асн-Ала. В приведенной цепи ДНК слева находится 5'-конец, справа — 3'-конец.

11. Длина гена каталазы у человека составляет 34 тыс. пар нуклеотидов. Длина соответствующей иРНК — 1,6 тыс. нуклеотидов. Какая часть гена несет информацию о первичной структуре белка?

Решение. 1600 нуклеотидов от 34 000 составляет 4,7%. Однако часть молекулы иРНК приходится на 5'-нетранслируемую последовательность, часть — на 3'-полиА-хвост. Поэтому правильным ответом будет «около 4,5%» либо «менее 4,7%».

Ответ. Информация о первичной структуре каталазы занимает менее 4,7% гена.

12. Сколько времени занимает транскрипция гена гистона, состоящего из 135 аминокислот, если скорость транскрипции у эукариот в среднем составляет 40 нуклеотидов в секунду? (Гены гистонов не содержат интронов.)

Решение. Кодированная белок часть гена гистона имеет длину $135 \times 3 = 405$ нуклеотидов. Так как в гене нет интронов, длина иРНК будет больше этой величины на длину 5'-нетранслируемой последовательности и 3'-полиА-хвоста. Синтез такой молекулы занимает несколько больше 10 с.

Ответ. Транскрипция белка, состоящего из 135 аминокислот, потребует не менее 10 с.

13. В ядре клетки человека содержится около 7 пикограммов ДНК. Геном человека состоит из $3,3 \times 10^9$ пар нуклеотидов. Чему равна масса миллиарда пар нуклеотидов?

Решение. Для ответа на вопрос следует вспомнить, что геном — это совокупность всей ядерной ДНК гаплоидной клетки. Клетки человека диплоидны, значит, масса одного генома человека составляет около 3,5 пикограммов. Тогда 10^9 пар нуклеотидов будут иметь массу около одного пикограмма, а одна нуклеотидная пара — около одного центограмма, или 10^{-21} г.

Ответ. Миллиард пар оснований ДНК имеет массу около одного пикограмма.

ЗАДАЧИ

1. В исследовательской лаборатории перепутали пробирки, содержащие гидролизаты жиров. После определения жирных кислот в гидролизатах оказалось, что в пробирке № 1 содержится около 80% пальмитиновой и стеариновой кислот и около 20% олеиновой, в пробирке № 2 — около 30% эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот, около 50% олеиновой и около 20% пальмитиновой. В какой из пробирок был жир теплокровного животного, а в какой — рыбы?

2. Масло из семян одного растения содержит около 50% лауриновой кислоты, масло другого — около 50% линолевой кислоты. Какое из этих масел является кокосовым, а какое — подсолнечным?

3. У человека существует несколько мутантных форм гемоглобина, которые являются причиной нарушения функции эритроцитов (транспорта кислорода).

а) Гемоглобин *S* (серповидноклеточный) отличается от нормального тем, что глутаминовая кислота, стоящая на шестом месте от N-конца β -цепи, заменена на валин. Почему у людей с таким гемоглобином развивается кислородная недостаточность?

б) В гемоглобине *C* глутаминовая кислота заменена на лизин. В каком случае — при наличии гемоглобина *S* или гемоглобина *C* — заболевание будет протекать тяжелее и почему?

4. Как может сказаться на функционировании белка замена аминокислоты лейцина на серин? серина на цистеин?

5. Известно, что гистоны — самые консервативные белки, так как подавляющее большинство замен аминокислот в них несовместимо с жизнью организма. Гистон H4 коровы отличается от гистона H4 гороха всего двумя аминокислотными заменами — изолейцина на валин и аргинина на лизин. Чем различаются соответствующие участки ДНК этих организмов? Почему эти замены не сказываются на их жизнеспособности?

6. Короткая цепь белкового гормона инсулина состоит из 21 аминокислоты. Один и тот же ее участок у разных млекопитающих отличается аминокислотами в определенных положениях.

Вид \ Положение аминокислоты	Положение аминокислоты							
	5	6	7	8	9	10	11	
Человек	Глн	Цис	Цис	Тре	Сер	Иле	Цис	
Кролик	Глн	Цис	Цис	Тре	Сер	Иле	Цис	
Корова	Глн	Цис	Цис	Ала	Сер	Вал	Цис	
Коза	Глн	Цис	Цис	Ала	Сер	Вал	Цис	
Овца	Глн	Цис	Цис	Ала	Гли	Вал	Цис	
Свинья	Глн	Цис	Цис	Тре	Сер	Иле	Цис	
Лошадь	Глн	Цис	Цис	Тре	Гли	Иле	Цис	
Кит-полосатик	Глн	Цис	Цис	Ала	Сер	Тре	Цис	
Кашалот	Глн	Цис	Цис	Тре	Сер	Иле	Цис	

Определите, какие участки молекулы важны для функционирования белка и почему.

7. Для определения последовательности аминокислотных остатков в полипептиде, содержащем 12 аминокислот: два Ала, Арг, Асп, Вал, Гис, два Илей, Лиз, Мет, Тир, Фен, провели следующие реакции:

а) деградацией по Эдману отщепили аминокислоту с N-конца;

б) с помощью карбоксипептидазы отщепили аминокислоту с С-конца;

в) воздействуя цианистым бромом, разорвали пептидную связь за метионином;

г) с помощью трипсина разорвали пептидную связь за лизином и аргинином;

д) с помощью химотрипсина разорвали пептидную связь за фенилаланином, триптофаном, тирозином и лейцином;

е) с помощью кислой фосфатазы разорвали пептидную связь за аспарагиновой кислотой и глутаминовой кислотой.

В результате этих реакций полипептид разделили на более короткие фрагменты. Были получены следующие результаты:

а) деградация по Эдману отщепляет Ала;

б) карбоксипептидаза отщепляет Вал;

в) обработка цианистым бромом дает два фрагмента: 1) Арг, Вал, Илей и 2) два Ала, Асп, Гис, Илей, Лиз, Мет, Тир, Фен;

г) обработка трипсином дает 3 фрагмента: 1) Вал, Илей; 2) Ала, Илей, Лиз и 3) Ала, Асп, Арг, Гис, Мет, Тир, Фен;

д) обработка химотрипсином дает три фрагмента: 1) Фен; 2) 2 Ала, Илей, Лиз, Тир; 3) Арг, Асп, Мет, Илей, Гис, Вал;

е) обработка кислой фосфатазой дает два фрагмента: 1) Вал, Арг, Гис, Илей, Мет; 2) 2 Ала, Асп, Илей, Лиз, Тир, Фен.

Определите последовательность аминокислотных остатков в полипептиде.

8. В лаборатории при изучении одной из цепей ДНК определили последовательность нуклеотидов в ней:

3'...АЦЦТАЦГТГТААЦЦАГГГАЦГ...5'

Как будет выглядеть соответствующий участок нативной ДНК?

9. Участок информационной РНК имеет следующий состав:

...ААУ УГУ ЦАУ АУГ ГУЦ ЦУЦ АУУ УАУ АЦА ГУЦ ААА...

Определите соотношение нуклеотидных пар АТ/ГЦ в транскрибированном фрагменте ДНК.

10. В смеси содержатся два фрагмента ДНК:

...АТТЦААТАТАТГТТТЦА... и ...АЦЦГГЦТЦГГЦГТГЦЦЦ...

(Дана последовательность нуклеотидов в одной из цепей.)
Можно ли разделить эти фрагменты, изменяя температуру?

11. При определении нуклеотидного состава нуклеиновой кислоты одного из вирусов было обнаружено, что она содержит 18% цитозина и 16% тимина. Что можно сказать о строении генома этого вируса?

12. При исследовании генома неизвестного вируса было обнаружено, что в его состав входят 29% урацила и 11% гуанина. Что можно сказать о строении генома этого вируса?

13. Нуклеиновая кислота, выделенная из реовируса (вирус, поражающий клетки слизистых оболочек), содержит 20% гуанина и 30% урацила. Что можно сказать о строении генома этого вируса?

14. Из культуры бактерий была выделена ДНК и определен ее нуклеотидный состав. Оказалось, что она содержит 14% аденина. Сколько в этой ДНК других азотистых оснований?

15. Для лечения некоторых вирусных заболеваний эффективным лекарством является фермент ДНКаза, так как он разрушает нуклеиновую кислоту вируса. Нуклеиновая кислота неизвестного вируса содержит 19% цитозина и 21% урацила. Каково строение генома этого вируса? Поможет ли ДНКаза в борьбе с этим вирусом?

16. Нуклеиновая кислота вируса содержит 27% тимина. Можно ли для очистки раствора этой нуклеиновой кислоты от примесей использовать ферменты РНКазу и ДНКазу?

17. Дана последовательность нуклеотидов (в одной из цепей) двух молекул ДНК:

а) ...АААТЦТТТТТТАТААТГТТ...

б) ...АГГЦЦГЦГЦТЦЦЦГАГГГ...

В какой молекуле (а или б) двойная спираль устойчивее к повышению температуры?

18. Определите, чем различаются пептиды, закодированные в следующих участках иРНК:

а) ...5'-УУА ГГГ АГУ УГА ГАУ ЦАУ АГГ-3'...

б) ...5'-УУА ГГГ АГУ УГЦ ГАУ ЦАУ АГГ-3'...

Какое свойство генетического кода иллюстрируют эти фрагменты иРНК?

19. Одна нуклеотидная пара в составе ДНК занимает 0,34 нм. Гистон H4 состоит из 102 аминокислот. Какую длину имеет кодирующий его участок ДНК? (Гистоновые гены не содержат интронов.)

20. Известна последовательность нуклеотидов небольшого участка гена:

...ААТ ТТТ ГЦГ АГТ ГГЦ ТАГ ЦАЦ АЦА...

...ТТА ААА ЦГЦ ТЦА ЦЦГ АТЦ ГТГ ТГТ...

Оказалось, что по этому участку синтезируется иРНК следующего состава:

...УУА ААА ЦГЦ УЦА ЦЦГ АУЦ ГУГ УГГ ААА ААА ААА ААА ААА...

Обозначьте концы молекул ДНК. Что можно сказать об этом участке гена?

21. Транскрибируемая цепь участка бактериальной ДНК имеет следующий состав:

3'...ЦГТЦГГАТГГГТАТЦЦ...5'

Относится ли эта последовательность к началу или к концу гена?

22. Последовательность нуклеотидов одной цепи конечного участка гена в бактериальной ДНК такова:

...ЦАТТТГЦАГААААЦТЦТГ...

Как будет выглядеть этот участок в нативной ДНК? Обозначьте концы фрагмента и транскрибируемую цепь.

23. Начало полипептидной цепи закодировано в следующем участке ДНК:

...ГГГАТАЦЦГТТГГАЦЦАГААГ...

...ЦЦЦТАТГГЦААЦЦТГТЦТТЦ...

Обозначьте концы цепей ДНК. С какой из цепей считывается иРНК для этого полипептида? Какова последовательность аминокислот в этом полипептиде?

24. У больных серповидноклеточной анемией в β -цепи гемоглобина на шестом месте стоит аминокислота валин вместо глутаминовой кислоты у здоровых людей. Какое изменение произошло в ДНК у больных анемией?

25. В участке транскрибируемой цепи бактериальной ДНК, имеющем состав

3'...ЦТА АЦЦ ААА ГТА ТГГ АЦГ...5',

в шестом положении слева произошла замена цитозина на аденин. Каковы будут последствия этой мутации?

26. В участке нетранскрибируемой цепи бактериальной ДНК, имеющем состав

3'...ГАТ ЦГТ ААА ГТА ТГГ АЦГ...5',

в шестом положении слева произошла замена тимина на цитозин. Каковы будут последствия этой мутации?

27. В участке первого экзона гена, имеющем состав

3'...АЦА ГЦЦ ТТТ ТЦЦ ТЦТ ААА...5',

в результате мутации седьмой нуклеотид слева оказался заменен на аденин. Какие последствия будет иметь мутация, если транскрибируется эта цепь ДНК?

28. Первичная структура одного и того же белка у родственных видов различается незначительно, у далеких видов она может быть различной. Приведен состав участка короткой цепи инсулина некоторых животных:

Лошадь: ...Глу-Глн-Цис-Цис-Тре-Гли-Иле-Цис-Сер...

Корова: ...Глу-Глн-Цис-Цис-Ала-Сер-Вал-Цис-Сер...

Овца: ...Глу-Глн-Цис-Цис-Ала-Гли-Вал-Цис-Сер...

Какие из этих животных эволюционно более близки друг другу? Какие молекулярные события разделяют эти виды?

29. Сравните участки гена инсулина двух видов китообразных — кашалота и полосатика (см. задачу 6). Какие молекулярные события разделяют эти виды?

30. Участок цепи ДНК одного из концов бактериального гена имеет следующий состав:

...ЦАЦГТЦТЦГГАГЦАГАГЦЦАТТГ...

Определите, приходится ли этот участок на начало или на конец гена. Представлена транскрибируемая цепь ДНК или нет? Обозначьте концы участка.

31. Последовательность нуклеотидов одной из цепей бактериальной ДНК такова:

...ГАЦГТТТЦАГАТАЦТЦТГАЦ...

Известно, что этот участок представляет собой конец гена. Какая последовательность аминокислот здесь закодирована?

32. Для «выключения» работы гена иногда используют так называемую «антисмысловую» РНК, т. е. РНК, комплементарную иРНК, считанной с данного гена. Образовав двойную спираль с иРНК, «антисмысловая» РНК не позволяет рибосомам синтезировать полипептид по этой иРНК. Определите, какой пептид должна была синтезиро-

вать клетка, если бы в нее не ввели фрагмент РНК следующего состава:

3' ...УЦЦАЦЦУГЦААЦЦГАЦУГАУГЦУГ...5'

33. Участок одной цепи ДНК имеет следующий состав:
...ТЦЦТГТАЦЦАГГАЦТГЦАААЦАТАГГ...

Известно, что этот фрагмент молекулы содержит первый экзон гена, кодирующий пептид, состоящий из пяти аминокислот. Что это за пептид?

34. Гистон H4 состоит из 102 аминокислот. Определите, сколько времени занимает репликация кодирующей белок части гена (гены гистонов не содержат интронов), если скорость репликации у эукариот составляет около 50 пар нуклеотидов в секунду.

35. Белковый гормон инсулин, состоящий из двух полипептидных цепей (21 и 30 аминокислот), синтезируется в виде одной молекулы — препроинсулина (109 аминокислот), который потом разрезается на два полипептида с удалением части аминокислот. Размер инсулинового гена составляет 1,7 тыс. пар нуклеотидов. Какая часть гена инсулина кодирует аминокислотный состав гормона?

36. Длина иРНК инсулина (см. предыдущую задачу) составляет 0,4 тыс. нуклеотидов. Какую часть иРНК составляют нетранслируемые области?

37. Одна пара нуклеотидов в составе двойной спирали ДНК занимает 0,34 нм. Самый маленький из известных в настоящее время бактериальных геномов — геном бактерии карсонеллы (внутриклеточный паразит некоторых насекомых) — состоит из ~160 тыс. пар нуклеотидов. Самым большим является геном одного из видов амёб — $6,7 \times 10^{11}$ пар нуклеотидов. Геном человека содержит $3,3 \times 10^9$ пар нуклеотидов. Определите длину генома каждого из этих организмов.

38. В ядре клетки человека содержится около 7 пикограммов ДНК. Рассчитайте массу одного метра молекулы ДНК.

39. В теле человека около 5×10^{13} клеток. Рассчитайте массу ДНК у среднего человека.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. При скрещивании длинношерстной морской свинки с короткошерстной все потомки имели короткую шерсть. Каких потомков следует ожидать во втором поколении?

Решение. Так как F_1 единообразно, то родители гомозиготны, причем рецессивным признаком является длинношерстность. Все свинки F_1 гетерозиготны. Второе поколение — скрещивание гетерозигот (особей F_1) между собой:

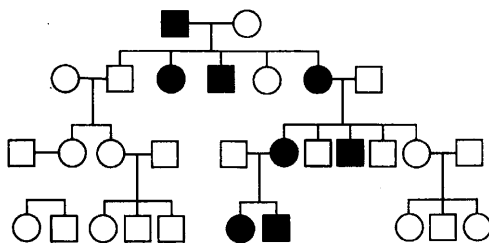
$$\begin{array}{c}
 Ll \times Ll \\
 \downarrow \\
 1 LL : 2 Ll : 1 ll
 \end{array}$$

Во втором поколении ожидается расщепление потомства в отношении 3 короткошерстных к 1 длинношерстному. Так как у морских свинок в приплоде детенышей мало (1—5), длинношерстных потомков может и не оказаться, поэтому правильнее будет ответить, что вероятность рождения длинношерстных потомков составит $1/4$.

Ответ. Во втором поколении можно ожидать рождения короткошерстных потомков с вероятностью $3/4$ и длинношерстных с вероятностью $1/4$.

2. На рисунке приведена родословная семьи, показывающая наследование признака «белая прядь надо лбом». Определите, как наследуется этот признак.

Решение. Рассматривая родословную, мы отмечаем, что у родителей, не имеющих белой пряди, все дети также не имеют этого признака. У родителей, имеющих белую прядь, примерно половина детей ее тоже имеют. У детей, имеющих белую прядь, обязательно ее имеет один из родителей. Это указывает на то, что признак определяется доминантным геном, а все члены семьи, имеющие этот признак, являются гетерозиготами.



Ответ. Признак «белая прядь надо лбом» определяется доминантным геном.

3. При скрещивании трехголовых и двухголовых драконов половина потомства всегда имеет три головы, а другая половина — две головы. Скрещивание двухголовых с одноголовыми дает всегда также половину потомков, похожих на маму, и половину, похожих на папу. Как называется признак «число голов»?

Решение. Расщепление 1 : 1 наблюдается при скрещивании гомозиготы с гетерозиготой. Следовательно, в случае скрещиваний и трехголовых драконов с двухголовыми, и двухголовых с одноголовыми один из родителей является гомозиготным, а другой — гетерозиготным. Поскольку двухголовые драконы участвуют в обоих типах скрещиваний, то логично предположить, что гетерозиготными являются именно они. Тогда трехголовые и одноголовые — это гомозиготы. Например, трехголовые имеют генотип AA , а одноголовые — генотип aa (или трехголовые имеют генотип aa , одноголовые — генотип AA).

Ответ. Признак «число голов» определяется одним геном с неполным доминированием: AA — трехголовость, Aa — двухголовость, aa — одноголовость (или AA — одноголовость, Aa — двухголовость, aa — трехголовость).

4. У мышей серия множественных аллелей обуславливает серую (A), черно-огненную (темная спина, ярко-желтое брюшко) (a^t) и черную (a) окраски шерсти. Аллели доминируют в следующем порядке: $A > a^t > a$. При скрещивании серой и черной мышью потомки были серыми и черно-огненными. Какого потомства можно ожидать при скрещивании двух черно-огненных мышей из F_1 ?

Решение. Сначала следует определить генотипы мышей-родителей. Черная мышь в любом случае должна быть гомозиготной — aa . Поскольку в потомстве серой мыши оказались черно-огненные, она должна быть гетерозиготной — Aa^t :

$$\begin{array}{c} Aa^t \times aa \\ \downarrow \\ 1 Aa : 1 a^t a \end{array}$$

Скрещивание двух черно-огненных гетерозигот:

$$\begin{array}{c} a^t a \times a^t a \\ \downarrow \\ 1 a^t a^t : 2 a^t a : 1 aa \end{array}$$

Ответ. В F_2 должны родиться черно-огненные и черные мыши в соотношении 3 : 1.

5. Группы крови у человека определяются серией из трех аллелей: I^A , I^B и I^0 . Аллели I^A и I^B кодоминантны, аллель I^0 рецессивен. У женщины, имеющей II группу крови, и мужчины, имеющего III группу крови, родился ребенок с I группой крови. Какие группы крови могут быть у их следующих детей?

Решение. Сначала определяем генотипы родителей. Так как их ребенок — рецессивная гомозигота (I^0I^0), значит, они оба — гетерозиготы: I^AI^0 и I^BI^0 . У них могут с одинаковой вероятностью ($1/4$) родиться дети с любой группой крови:

♂ \ ♀	I^A	I^0
I^B	I^AI^B (IV группа)	I^BI^0 (III группа)
I^0	I^AI^0 (II группа)	I^0I^0 (I группа)

Ответ. С одинаковой вероятностью ($1/4$) могут родиться дети с любой группой крови.

6. Экзотический зверь виолет может иметь различную окраску. Она определяется серией множественных аллелей: $V > v^1 > v$. При этом наблюдается неполное доминирование: VV — черные, Vv^1 — фиолетовые, Vv — лиловые, v^1v^1 — сиреневые, v^1v — светло-голубые и vv — белые. У селекционера есть пара виолетов — фиолетовый и лиловый. Он хочет вывести породу светло-голубых виолетов. Осуществима ли его мечта?

Решение. Нет, мечта селекционера осуществиться не может, так как породы любых животных должны быть гомозиготны по аллелям, определяющим основные породные признаки. В данном случае возможно существование пород черных, сиреневых и белых виолетов.

Ответ. Неосуществима.

7. У морских свинок всклокоченная (розеточная) шерсть R доминирует над гладкой r , а черная окраска B — над коричневой b . Две розеточные черные свинки при скрещивании друг с другом дали двух потомков — розе-

точного коричневого и гладкого черного. Какого потомства следует ожидать в дальнейшем от этих свинок?

Решение. Сначала определяем генотипы родителей. Так как в их потомстве проявились рецессивные признаки, делаем вывод, что обе свинки гетерозиготны: $AaBb$. Значит, у этих свинок могут родиться самые разные детеныши — розеточные черные и коричневые, гладкие черные и коричневые. Составляем решетку Пеннета и определяем частоту каждого фенотипа:

♀ \ ♂	BR	Br	bR	br
BR	$BBRR$ (ч. п.)	$BBRr$ (ч. п.)	$BbRR$ (ч. п.)	$BbRr$ (ч. п.)
Br	$BBRr$ (ч. п.)	$BBrr$ (ч. г.)	$BbRr$ (ч. п.)	$Bbrr$ (ч. г.)
bR	$BbRR$ (ч. п.)	$BbRr$ (ч. п.)	$bbRR$ (к. п.)	$bbRr$ (к. п.)
br	$BbRr$ (ч. п.)	$Bbrr$ (ч. г.)	$bbRr$ (к. п.)	$bbrr$ (к. г.)

Как и в задаче 1, в ответе имеет смысл указывать не расщепление $9 : 3 : 3 : 1$, а вероятность появления детенышей с определенным фенотипом.

Ответ. Розеточные черные потомки с вероятностью $\frac{9}{16}$, черные гладкие с вероятностью $\frac{3}{16}$, коричневые розеточные с вероятностью $\frac{3}{16}$, коричневые гладкие с вероятностью $\frac{1}{16}$.

8. Мендель изучал комбинирование признаков в потомстве гибридов не только при моногибридном и дигибридном скрещиваниях, но и в потомстве гибридов, различавшихся многими признаками. В частности, в одном из опытов он скрещивал линии гороха, одна из которых имела фиолетовые цветки и гладкие желтые семена, а другая — белые цветки и зеленые морщинистые семена. Полученные гибриды имели фиолетовые цветки и гладкие желтые семена. Сколько разных фенотипов будет наблюдаться в потомстве, полученном при самоопылении этих тригибридов?

Решение. Число разных вариантов гамет при независимом комбинировании n генов у гетерозигот равно 2^n , а число фенотипических классов при полном доминировании равно числу вариантов гамет, т. е. тоже 2^n . При отсутствии доминирования число фенотипических классов

равно числу генотипических классов, т. е. 3^n . В нашем случае доминирование полное, значит, в F_2 получится $2^3 = 8$ различных фенотипов.

Ответ. При самоопылении гетерозигот по трем парам генов в потомстве будет 8 фенотипических классов.

9. У супружеской пары родились два близнеца с одинаковым генотипом $aaBbCCDdEeFf$. Генотипы родителей $AaBbCcDDEeFf$ и $AaBBccddeeff$. Являются ли близнецы монозиготными (однойцевыми)?

Решение. С полной уверенностью ответить на этот вопрос невозможно, можно только определить вероятность того, что эти близнецы монозиготные. В принципе можно нарисовать решетку Пеннета и просто посчитать, сколько в ней будет клеток и сколько раз встретится искомый генотип. Однако в данном случае число вариантов гамет будет 1024 для одного из родителей и 4 для другого, что составит более 4000 возможных генотипов потомков. Поэтому в задачах такого типа следует определять вероятность возникновения определенного генотипа потомка по каждому гену отдельно. В данном случае по гену A оба родителя гетерозиготны, вот почему вероятность того, что ребенок будет рецессивной гомозиготой, равна $1/4$ (3 : 1). По гену B вероятность генотипа Bb равна $1/2$, так как один из родителей гомозиготен. Аналогично вероятность генотипа Cc — $1/4$, Ee — $1/2$, Ff — $1/2$. Вероятность генотипа Dd равна 1, так как гомозиготны оба родителя. Теперь предположим, что близнецы дизиготны. Это значит, что возникновение их генотипов — результат независимого комбинирования событий. Следовательно, для определения вероятности рождения дизиготных близнецов с одинаковым генотипом необходимо перемножить вероятности появления данного сочетания аллелей по каждому из генов: $1/4 \times 1/2 \times 1/4 \times 1 \times 1/2 \times 1/2 = 1/128 \approx 0,0078$. Таким образом, дети являются монозиготными близнецами с вероятностью более 99%. Следует учитывать, что вероятность того, что дети дизиготны (<1%), хотя и мала, но может реализоваться. Поэтому для диагностики зиготности близнецов важно анализировать как можно большее число генов.

Ответ. Вероятность того, что близнецы монозиготны, более 99%.

10. У дрозофилы ген *vg* определяет отсутствие крыльев, а ген *Hw* — волосатые крылья (добавочные щетинки на крыльях). Муху с волосатыми крыльями скрестили с бескрылой мухой. Каков фенотип F_1 ? Какое расщепление по фенотипу будет в F_2 ?

Решение. Используемые в лабораторной практике линии дрозофил, как правило (если аллель не вызывает гибели организма в гомозиготном состоянии), гомозиготны по определяющему линии признаку. Кроме того, в линиях обычно не бывает аллелей, которые мешали бы диагностике того или другого признака (например, в линии белоглазых мух (*w*) нет мутаций по другим генам, затрагивающим окраску глаз). Поэтому в нашей задаче генотип мухи с волосатыми крыльями будет $VgVgHwHw$, а генотип бескрылой мухи — $vgvghwhw$. Мухи F_1 будут гетерозиготны ($Vgvghwhw$) и будут иметь волосатые крылья. Во втором поколении можно ожидать обычного для дигибридного скрещивания расщепления: $9 Vg-Hw : 3 Vg-hwhw : 3 vgvghwhw : 1 vgvghwhw$. Однако при отсутствии крыльев нельзя увидеть их волосатости, поэтому расщепление будет таким: 9 волосатых : 3 нормальные : 4 бескрылые. Все задачи, где рассматривается взаимодействие неаллельных генов, решаются точно так же, как и задачи на обычное дигибридное скрещивание. Единственная особенность таких задач — необходимость внимательно определять фенотипы, соответствующие полученным генотипам.

Ответ. Во втором поколении будет три фенотипических класса: 9 волосатых : 3 нормальные : 4 бескрылые.

11. У мышей аллель желтой окраски шерсти A^Y доминирует над аллелем серой окраски *A*, а аллель серой окраски *A* — над аллелем черной окраски *a*.

При скрещивании двух желтых мышей всегда рождались желтые и серые мыши в отношении 2 : 1. Каким будет потомство в F_1 при скрещивании одной из этих желтых мышей с черной? А потомство от скрещивания двух желтых мышей из F_1 ?

Решение. Так как при скрещивании двух мышей с доминантным генотипом в потомстве всегда наблюдается

расщепление, делаем заключение, что эти мыши всегда гетерозиготны — $A^Y A$. Это возможно только в том случае, если доминантные гомозиготы $A^Y A^Y$ нежизнеспособны. На это же указывает и расщепление $2 : 1$ вместо ожидаемого $3 : 1$ ($1A^Y A^Y : 2A^Y A : 1AA$).

Скрещивание желтой мыши с черной:

$$A^Y A \times aa$$

$$\downarrow$$

$$F_1 \quad 1A^Y a : 1 Aa$$

Скрещивание двух желтых мышей из F_1 :

$$A^Y a \times A^Y a$$

$$\downarrow$$

$$F_2 \quad 1A^Y A^Y : 2A^Y a : 1aa$$

Но гомозиготы $A^Y A^Y$ не рождаются, поэтому расщепление в F_2 будет следующим: 2 желтые : 1 черная.

Ответ. В F_1 при скрещивании желтой и черной мышей потомство будет желтым и серым в отношении $1 : 1$; в F_2 при скрещивании двух желтых мышей из F_1 в потомстве будут желтые и черные мыши в отношении $2 : 1$.

12. В генетике диким типом называют фенотип, характерный для особей данного вида в природных популяциях. Синонимом является определение «нормальный». Обычно (но не всегда) такой фенотип обусловлен доминантными аллелями тех генов, которые анализируются в конкретном случае. Для дрозофил дикий тип — темно-красные глаза, серое тело, нормальные крылья, нормальные щетинки и т. д.

При скрещивании самки дрозофилы с розовыми глазами (p) и вильчатыми щетинками (f) с самцом дикого типа в потомстве получили 97 самок с розовыми глазами и нормальными щетинками, 99 самок дикого типа, 95 самцов с розовыми глазами и вильчатыми щетинками, 101 самца с нормальными глазами и вильчатыми щетинками. Каковы фенотипы и генотипы родителей и потомков?

Решение. Исходя из того что расщепление потомства по признаку «вильчатые щетинки» различно для самцов и самок, можно сделать вывод, что этот ген сцеплен с полом. Ген «розовые глаза» с полом не сцеплен, так как расщепление одинаково и у самцов, и у самок. Расщепление в отношении $1 : 1 : 1 : 1$ указывает на то, что скрещивание является анализирующим, т. е. самец — гетерозигота по этому признаку. Таким образом, генотипы родителей бу-

дут ppX^fX^f для самки и PpX^FY для самца. Тогда скрещивание будет выглядеть следующим образом:

$$ppX^fX^f \times PpX^FY$$



$$\text{самки } 1 PpX^FX^f : 1 ppX^FX^f$$

$$\text{самцы } 1 PpX^fY : 1 ppX^fY$$

Ответ. Генотипы родителей: самка ppX^fX^f , самец PpX^FY ; генотипы потомков: самки PpX^FX^f и ppX^FX^f , самцы PpX^fY и ppX^fY .

13. У человека разные виды наследственной слепоты определяются различными генами. Один вид (аниридия) определяется доминантным геном A , обладающим рецессивным летальным действием. Другой вид (оптическая атрофия) определяется рецессивным геном b , находящимся в X -хромосоме.

Мужчина с аниридией, мать и братья которого имели нормальное зрение, женится на женщине с нормальным зрением, отец которой страдал от оптической атрофии. Какова вероятность рождения у них детей с нормальным зрением?

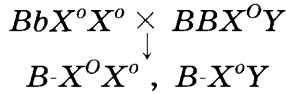
Решение. Так как ген A обладает рецессивным летальным действием, то мужчина должен быть гетерозиготой по этому гену. Поскольку обе аномалии редки, а его мать и братья имеют нормальную X -хромосому X^B , вероятность того, что у мужчины в X -хромосоме есть аллель b , очень мала. Его жена является гетерозиготой по гену B , потому что от своего отца она унаследовала хромосому X^b , но аллеля A у нее нет, так как она имеет нормальное зрение. Таким образом, их генотипы будут aaX^BX^b и AaX^BY . Для их детей вероятность получить два аллеля a равна $1/2$, вероятность отсутствия оптической атрофии разная — для мальчиков $1/2$, а для девочек 1. Поэтому вероятность того, что девочки будут нормально видеть, составляет $1/2 \times 1 = 1/2$, а вероятность нормального зрения у мальчиков составляет $1/2 \times 1/2 = 1/4$.

Ответ. Вероятность рождения девочки с нормальным зрением равна $1/2$, мальчика — $1/4$.

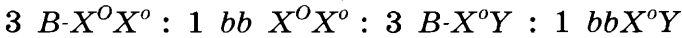
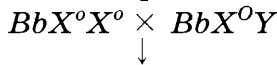
14. У кошек черная окраска, определяемая аутосомным геном, доминирует над коричневой, а доминантный ген O , находящийся в X -хромосоме, определяет рыжую окраску, подавляющую проявление других окрасок.

Какое потомство можно ожидать от черной кошки, мать которой была коричневой, и рыжего кота, мать которого была черепаховой (черно-рыжей)?

Решение. Черная кошка имеет генотип BbX^0X^0 . Рыжий кот в X -хромосоме имеет доминантный аллель O . Так как его мать была черно-рыжей, то у него должен быть хотя бы один аутосомный аллель B . Если он гомозиготен (BB), то все сыновья будут черными, а дочери — черепаховыми:

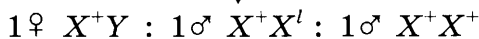
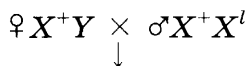


Если кот гетерозиготен, то $3/4$ сыновей будут черными, а $1/4$ — коричневыми. Все дочери будут черепаховыми, но $1/4$ будут иметь не черные, а коричневые пятна:



15. При скрещивании петуха и курицы в течение нескольких лет от них было получено в целом 203 петуха и 99 куриц. Объясните результат. Каковы генотипы родителей и потомства?

Решение. Неравное число самцов и самок в потомстве указывает на наличие летального гена, сцепленного с полом. Так как у птиц гетерогаметным полом является женский, наличие рецессивного летального гена в одной из X -хромосом петуха-родителя приведет к гибели половины его дочерей:



Ответ. Полученный результат объясняется наличием рецессивного летального гена в X -хромосоме. Генотипы родителей $\text{♀} X^+Y$ и $\text{♂} X^+X^l$, генотипы потомков $\text{♀} X^+Y$, $\text{♂} X^+X^l$ и X^+X^+ .

16. У дрозофилы аллель нормальных крыльев Vg доминирует над аллелем зачаточных крыльев vg , а аллель нормальной красной окраски глаз P — над аллелем пурпурной окраски глаз p .

Гомозиготную муху дикого типа скрестили с бескрылой мухой с пурпурными глазами, а затем полученных потомков скрестили между собой. Во втором поколении получи-

ли 157 мух дикого типа, 161 пурпурноглазую бескрылую, 29 красноглазых бескрылых и 33 крылатых с пурпурными глазами. Объясните полученные результаты.

Решение. При скрещивании двух дигетерозигот согласно законам Менделя следовало ожидать следующего расщепления: 9 мух дикого типа : 3 красноглазые бескрылые : 3 крылатые с пурпурными глазами : 1 пурпурноглазая бескрылая. Наблюдаемое расщепление резко отличается от ожидаемого. Это указывает на то, что не выполняется требование независимого наследования неаллельных генов, т. е. гены vg и p находятся в одной хромосоме. Гетерозиготы VgP/vgp в основном образуют гаметы VgP и vgp . При полном сцеплении расщепление в F_2 должно быть 3 VgP - : 1 $vgvgpp$. Гаметы Vgp и vgP образовались в результате кроссинговера — перекреста хромосом. Можно определить расстояние между генами vg и p . Оно будет равно проценту кроссоверных особей:

$$(29 + 33) : 380 \cdot 100\% = 16,3\%.$$

Ответ. Гены, определяющие признаки «пурпурные глаза» и «зачаточные крылья», находятся в одной хромосоме на расстоянии 16,3 сантиморганиды.

17. В одной хромосоме растения находятся гены A , B и K . Требуется определить расстояние между этими генами. Для этого были проведены скрещивания гетерозигот и получены следующие результаты:

1) В скрещивании $AaBb \times AaBb$ получили 120 потомков $A-B$ -, 122 потомка $aabb$, 19 потомков $A-bb$ и 22 потомка $B-aa$.

2) В скрещивании $AaKk \times AaKk$ получили 163 потомка $A-K$ -, 161 потомка $aakk$, 9 потомков $A-kk$ и 8 потомков aaK -.

3) В скрещивании $BbKk \times BbKk$ получили 91 потомка $B-K$ -, 88 потомков $bbkk$, 10 потомков $A-kk$ и 11 потомков aaK -.

При полном сцеплении генов A и B в первом скрещивании следовало ожидать расщепления 3 $A-B$: 1 $aabb$. 9 потомков $A-bb$ и 12 потомков $B-aa$ возникли в результате кроссинговера. Расстояние между генами A и B будет равно проценту кроссоверных особей:

$$(19 + 22) : (120 + 122 + 19 + 22) \cdot 100\% = 15,5\%.$$

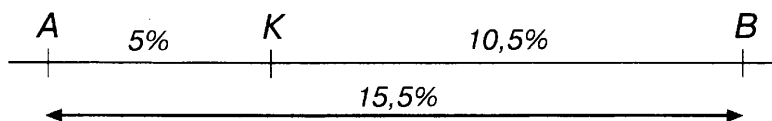
Из результатов второго скрещивания аналогично вычисляют расстояние между генами A и K :

$$(9 + 8) : (163 + 161 + 9 + 8) \cdot 100\% = 5\%.$$

Расстояние между генами B и K вычисляют из третьего скрещивания:

$$(10 + 11) : (91 + 88 + 10 + 11) \cdot 100\% = 10,5\%.$$

Такие значения могут получиться только в том случае, когда ген K расположен между генами A и B . Генетическая карта района будет выглядеть следующим образом:



Ответ. Расстояние между генами A и B составляет 15,5 сантиморганиды, между генами A и K — 5 сантиморганид, между генами B и K — 10,5 сантиморганиды.

18. Растения, гомозиготные по доминантному гену A , имеют цветки красного цвета, рецессивные гомозиготы имеют белые цветки, а у гетерозиготных растений цветки розовые.

На клумбе 36% растений имеют красные цветки, 16% — белые и 48% — розовые. В каком соотношении вырастут растения с красными, белыми и розовыми цветками из семян, собранных с розовоцветковых растений?

Решение. Для решения этой задачи необходимо знать закон Харди — Вайнберга о соотношении частот аллелей и генотипов в популяции: если частоту аллеля A считать равной p , а частоту аллеля a — равной q и если $p + q = 1$, то частоты генотипов в популяции будут следующими:

$$\text{частота } AA = p^2, \text{ частота } Aa = 2pq, \text{ частота } aa = q^2; \\ p^2 + 2pq + q^2 = 1.$$

В нашей задаче $p^2 = 0,36$, $2pq = 0,48$, $q^2 = 0,16$. Можно определить частоту гамет: $p = 0,6$; $q = 0,4$. С такой частотой на рыльце пестика попадает пыльца. Частота женских гамет у розовоцветкового растения $p = q = 0,5$. Составим решетку Пеннета:

♀	♂	$A (0,6)$	$A (0,4)$
	$A (0,5)$	$AA (0,3)$	$Aa (0,2)$
	$a (0,5)$	$Aa (0,3)$	$aa (0,2)$

Ответ. Из семян, собранных с розовоцветковых растений, вырастут растения с красными, розовыми и белыми цветками в соотношении 3 : 5 : 2.

19. Имеется популяция следующего состава: 0,49 *AA*, 0,2 *Aa* и 0,09 *aa*. Одинакова ли жизнеспособность особей с разными генотипами?

Решение. Если жизнеспособность всех генотипов одинакова, то популяция должна находиться в равновесии. Предположим, что популяция равновесна. Тогда частоты аллелей должны удовлетворять закону Харди — Вайнберга:

$p^2 + 2pq + q^2 = 1$, $p + q = 1$. В нашей популяции 49% (0,49) особей имеет генотип *AA* ($p^2 = 0,49$), следовательно, частота аллеля *A* будет составлять $\sqrt{0,49} = 0,7$. Аналогично частота аллеля *a* будет составлять $\sqrt{0,09} = 0,3$. В таком случае частота гетерозигот должна быть $2 \cdot 0,7 \cdot 0,3 = 0,42$. Популяция неравновесна, в ней явный дефицит гетерозигот.

Ответ. По-видимому, жизнеспособность гетерозигот ниже, чем у гомозигот по обоим аллелям. В равновесной популяции при указанной частоте аллелей *A* и *a* гетерозиготы должны составлять 42% всей популяции.

20. Окраска меха у лисицы определяется парой аллелей с неполным доминированием — *B* и *b*. Лисы с генотипом *BB* имеют черно-бурый мех, *bb* — красный (рыжий), *Bb* — так называемые сиводушки (рыжие с серой мордой и грудью).

В отчете Российско-Американской компании о меховом промысле за 1824 г. отмечено, что на острове Умнак добыто чернобурых лисиц — 40, сиводушек — 95, красных лисиц — 51, на полуострове Нушагак добыто чернобурых — 1, сиводушек — 7, красных лисиц — 121. Относятся ли эти лисицы к одной популяции или к разным?

Решение. Одна популяция характеризуется определенными частотами аллелей, которые могут быть разными в различных популяциях. Поэтому следует определить частоты аллелей *B* и *b* для этих двух местностей. На острове Умнак добыто 186 лисиц, из них генотип *BB* имели 40, а генотип *Bb* — 95. Таким образом, аллелей *B* было

$40 \cdot 2 + 95 = 175$ из общего числа аллелей $186 \cdot 2 = 372$. Тогда частота аллеля B , т. е. $p(B)$, в этой популяции будет равна $175 : 372 = 0,47$, а частота аллеля b , т. е. $q(b)$, равна $0,53$. На полуострове Нушагак добыто 129 лисиц, частота аллеля B , т. е. $p(B)$, равна $(1 \cdot 2 + 7) : 129 \cdot 2 = 0,0355$, частота аллеля b , т. е. $q(b)$, равна $0,965$. Приблизительность этих чисел ($p + q = 1,057$) объясняется тем, что выборка невелика, чернобурая лиса была всего одна. Тем не менее видно, что частоты доминантного и рецессивного аллелей резко различаются. Это указывает на то, что это две разные, изолированные друг от друга популяции.

Ответ. Лисицы острова Умнак и полуострова Нушагак относятся к разным популяциям.

21. В популяции 10 000 особей с генотипом AA , 20 000 — с генотипом Aa и 10 000 — с генотипом aa . Все гомозиготы aa стерильны и не участвуют в размножении, а особи AA и Aa скрещиваются случайно и имеют одинаковую плодовитость. Каким будет распределение генотипов в следующем поколении?

Решение. Популяция состоит из 40 000 особей, частота генотипа AA $p^2(AA) = 0,25$, частота аллеля A , т. е. $p(A)$, равна $0,5$. Частота аллеля a тоже равна $0,5$. Популяция находится в равновесии, однако, поскольку четверть особей бесплодна ($q^2 = 0,25$), в следующем поколении равновесие восстановится с другими частотами: $p_1(A)$ и $q_1(a)$. Для того чтобы вычислить их, определим частоту гамет каждого типа, которые будут участвовать в размножении. Часть популяции, участвующая в размножении, будет $(p^2 + 2pq + q^2) - q^2 = 1 - q^2$, т. е. размножающаяся популяция меньше целой популяции на q^2 (неразмножающуюся часть). Каждая особь с генотипом AA даст две гаметы A , т. е. $2p^2$ гамет. Каждая гетерозиготная особь даст одну гамету A , т. е. $2pq$ гамет. Гетерозиготные особи дадут также гаметы a в количестве $2pq$. Но частота этих гамет будет уже другой, так как эффективная численность популяции равна не 1, а $1 - q^2$. Вся популяция в целом даст $2(1 - q^2)$ гамет. Вычислим, какую часть (p_1 и q_1) из них будут представлять гаметы A и a :

$$p_1(A) = (2p^2 + 2pq) : 2(1 - q^2) = (p^2 + pq) : (1 - q^2) = (0,25 + 0,25) : (1 - 0,25) = 0,5 : 0,75 = 0,67;$$

$$q_1(a) = 2pq : 2(1 - q^2) = pq : (1 - q^2) = 0,25 : 0,75 = 0,33.$$

Следовательно, в популяции второго поколения будет $p_1^2 = 0,45$ (45%) особей с генотипом AA , $q_1^2 = 0,11$ (11%) особей с генотипом aa и $2pq = 0,44$ (44%) особей с генотипом Aa .

Ответ. В следующем поколении будет такое распределение генотипов: 0,45 AA , 0,44 Aa и 0,11 aa .

22. Для изучения эволюционной истории видов применяют метод построения филогенетических деревьев. Основой для этого является простое соображение: чем больше поколений прошло со времени расхождения филогенетических линий современных видов, тем больше эти виды отличаются друг от друга. Виды одного рода отделяет от их общего предка гораздо меньшее число поколений (и соответственно лет), чем виды, принадлежащие к разным отрядам. Филогенетическое дерево строят, сравнивая современные виды по особенностям их морфологии, по последовательностям аминокислот в сходных белках, по последовательностям нуклеотидов в гомологичных генах.

В таблице приведены последовательности нуклеотидов в генах митохондриальной ДНК человека, орангутана и ревуна. Постройте их филогенетическое дерево, исходя из предположения, что чем больше замен нуклеотидов отличается пара видов, тем раньше они дивергировали. Реконструируйте последовательность нуклеотидов в гене последнего общего предка этих видов.

Орангутан	АТГТТЦГЦЦГАЦЦГЦТТГЦАТТЦТЦАЦГ ААЦЦАЦАААГАТАТТГГА
Ревун	АТГТТЦАТАААТЦГЦТГАЦТАТТТТЦААЦТ ААЦЦАТАААГАТАТТГТТ
Человек	АТГТТЦГЦЦГАЦЦГТТГАЦТАТТЦТЦАЦА ААЦЦАЦАААГАЦАТТГГА

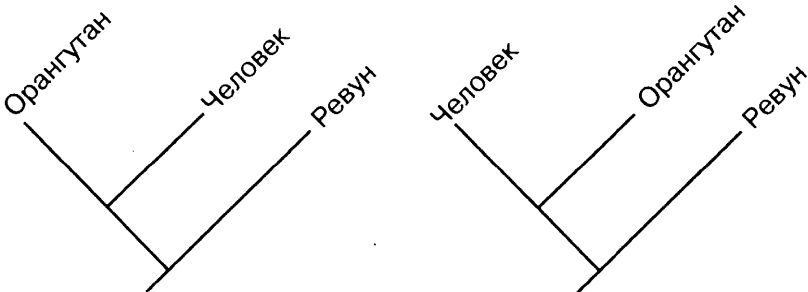
Решение. Подчеркнем различия в последовательностях:

Орангутан	АТГТТЦГЦЦГАЦЦГЦТГГЦТАТТЦТЦЦАЦГ ААЦЦАЦАААГАТАТТГГА
Ревун	АТГТТЦАТАААТЦГЦТГГАЦТАТТТТЦААЦТ ААЦЦАТАААГАТАТТГГТ
Человек	АТГТТЦГЦЦГАЦЦГТТГАЦТАТТЦТЦЦАЦА ААЦЦАЦАААГАЦАТТГГА

Построим матрицу различий:

	Человек	Орангутан
Орангутан	5	
Ревун	12	11

На основе матрицы различий построим филогенетическое древо. При этом мы рассуждаем следующим образом. Между человеком и орангутаном мы обнаружили меньше различий, чем между ревуном и человеком и ревуном и орангутаном. Следовательно, эволюционные линии человека и орангутана (ветви древа) разделились позже, чем линии ревуна и общего предка человека и орангутана. Узлы ветвления обозначают точку дивергенции, т. е. время, когда на Земле жил последний общий предок двух или более разных эволюционных линий. Длина ветвей пропорциональна числу накопленных изменений. В филогенетических древах важно положение точек ветвления и длина ветвей, но не направление ветвей. Два приведенных древа по смыслу идентичны.



Предковую последовательность восстанавливаем по позициям, сходным у большинства видов:

Предок	АТГТТЦГЦЦГАЦЦГЦТГАЦТАТТЦТЦ?АЦ?
	ААЦЦАЦАААГАТАТТГГА

ЗАДАЧИ

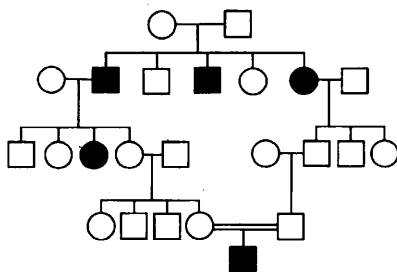
1. При скрещивании серых и черных мышей получено потомство, из которого половина черные. Известно, что серая окраска *A* доминирует над черной *a*. Каков генотип мышей родительского поколения?

2. Растение дурмана, имеющего пурпурные цветки, дало при самоопылении 43 потомка с пурпурными цветками и 14 потомков с белыми. Каким будет потомство при скрещивании этого растения с растением, имеющим белые цветки?

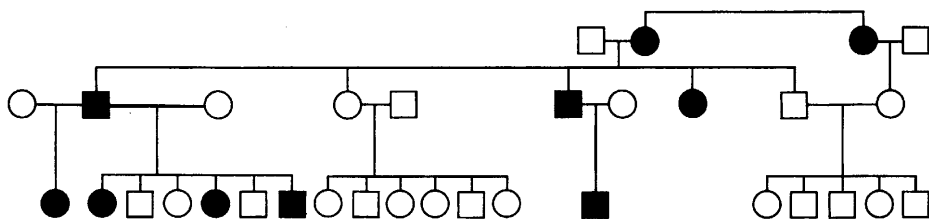
3. Две похожие по цвету пары драконов (мужская половина прекрасного изумрудно-зеленого цвета, женская маскировочной окраски) произвели потомство. У одной пары половина деток похожи на маму, половина — на папу. А у другой пары все детки изумрудно-зеленые. Каковы генотипы родителей?

4. При скрещивании между собой растения красноплодной земляники всегда дают потомство с красными ягодами, а растения белоплодной земляники — с белыми ягодами. В результате скрещивания красноплодного и белоплодного сортов получают растения с розовыми ягодами. Какое потомство получится, если опылить красноплодную землянику пыльцой земляники с розовыми ягодами?

5. На рисунке приведена родословная семьи, в которой встречалось наследственное заболевание галактоземия. Определите, как наследуется галактоземия. Какова вероятность рождения здоровых детей у пары в последнем поколении исследованной семьи?



6. На рисунке приведена родословная семьи с полидактилией. Определите, как наследуется этот дефект.



7. При скрещивании растений с белыми и розовыми цветками были получены такие же потомки примерно в равных соотношениях. Скрещивание двух растений с розовыми цветками дало в потомстве растения с белыми, розовыми и красными цветками. Каким будет потомство от скрещивания всех этих растений с растением, имеющим белые цветки?

8. У человека высота певческого голоса определяется одним геном с неполным доминированием: AA — бас у мужчин и альт у женщин, Aa — баритон у мужчин и меццо-сопрано у женщин, aa — тенор у мужчин и сопрано у женщин. Какова вероятность того, что у девочки будет меццо-сопрано, если у папы баритон, а у мамы сопрано?

9. У крупного рогатого скота безрогость P доминирует над рогатостью p . Рогатый бык (1) скрещен с тремя коровами. От скрещивания с безрогой коровой (2) получен рогатый теленок, от скрещивания с безрогой коровой (3) получен безрогий теленок и от скрещивания с рогатой коровой (4) получен рогатый теленок. Каковы генотипы всех родителей?

10. У львиного зева растения с красными цветками при скрещивании между собой всегда дают потомство с красными цветками, а растения с белыми цветками — потомство с белыми цветками. При скрещивании белоцветкового растения с красноцветковым получаются растения с розовыми цветками. Каким будет потомство от скрещивания двух растений с розовыми цветками? от скрещивания белоцветкового растения с растением с розовыми цветками?

11. У морских свинок черная окраска B доминирует над коричневой b . Черная морская свинка при скрещивании с коричневой дала черного и коричневого потомков. Каковы генотипы родителей и потомков?

12. Какое потомство можно ожидать от скрещивания коричневой свинки F_1 (см. предыдущую задачу) с ее черным родителем?

13. У человека карие глаза B доминируют над голубыми b . Голубоглазый мужчина (5), оба родителя (1, 2) которого имели карие глаза, женился на кареглазой женщине (6), оба родителя (3, 4) которой также имели карие глаза, а брат (7) — голубые. От этого брака родился один ребенок (8), глаза которого оказались голубыми. Каковы генотипы всех упомянутых лиц?

14. Какова вероятность рождения кареглазого ребенка в семье, описанной в предыдущей задаче?

15. У кроликов полная (темно-серая) окраска C , шиншиловая (серая) окраска c^{ch} , гималайская (белая с черными лапами, кончиками ушей, хвостом и кончиком морды) окраска c^h и альбинизм c^a составляют серию множественных аллелей, доминирующих в следующем порядке: $C > c^{ch} > c^h > c^a$. Гетерозиготы $c^{ch}c^h$ имеют светло-серую окраску. Какие потомки в F_1 и в F_2 получатся от скрещивания гомозиготного гималайского кролика с альбиносом?

16. Какая окраска будет у потомков F_1 от скрещивания гомозиготного темного кролика (см. предыдущую задачу) с гетерозиготным гималайским? А от скрещивания кроликов из F_1 с гомозиготным шиншиловым?

17. Какие группы крови могут быть у детей, если родители имеют группы крови: а) I (0) и III (B); б) II (A) и IV (AB)?

18. У растения, известного под названием «бешеный огурец», серия множественных аллелей определяет пол цветков: a^D — мужской пол (цветки образуют только пыльцу), a^A — женский пол (в цветках нет тычинок), a^+ — обоеполые цветки, способные к самоопылению ($a^D > a^+ > a^A$). В первом опыте полученные при самоопылении бешеного огурца семена на следующий год дали растения с обоеполыми и женскими цветками. Во втором опыте при опылении женских цветков пыльцой мужских цветков были получены растения с мужскими и обоеполыми цветками. Какими будут растения от перекрестного опыления обоеполых цветков, полученных в первом и втором опытах?

19. У мышей серая окраска A доминирует над черно-огненной окраской (темная спинка, ярко-желтое брюшко) a^t , которая, в свою очередь, доминирует над черной окраской a . Желтая окраска A^y доминантна по отношению ко всем окраскам ($A^y > A > a^t > a$). Желтую мышь (1) скрестили с черной (2). Получили 4 желтых и 5 серых мышей. Затем серую мышь (3) из этого потомства скрестили с черно-огненной (4), получили серых (5), черно-огненных (6) и черных (7) мышей. Каковы генотипы всех мышей?

20. Экзотический зверь фиолет может быть черного, фиолетового, лилового, сиреневого, светло-голубого и белого цветов. Окраска определяется серией множественных аллелей: $V > v^l > v$. При этом наблюдается неполное доминирование: VV — черные, Vv^l — фиолетовые, Vv — лиловые, v^lv^l — сиреневые, v^lv — светло-голубые и vv — белые. У селекционера есть пара фиолетов — фиолетовый и лиловый. Так как породу светло-голубых фиолетов вывести невозможно, он решил вывести сиреневых. Какие скрещивания он должен провести для этого?

21. У морских свинок рецессивный ген p определяет розовый цвет глаз (P — темные глаза), а доминантный ген St — наличие звездочки, т. е. розетки, на лбу (st — гладкая шерсть на всем теле). Гомозиготная свинка со звездочкой и розовыми глазами скрещена с гомозиготной гладкой свинкой с темными глазами. Каково будет потомство от возвратного скрещивания F_1 с розовоглазым родителем? с темноглазым родителем?

22. Дракон с гребнем на спине (доминантный признак) и кисточкой на хвосте (рецессивный признак) и дракониха без этих признаков произвели двух дракончиков: один похож на папу, другой — на маму. Каковы генотипы родителей и потомков?

23. У крупного рогатого скота безрогость P доминирует над рогатостью p , а животные, гетерозиготные по красной R и белой r окраскам, имеют чалый цвет шерсти. Гомозиготное безрогое красное животное скрещено с белым рогатым животным. Каков будет фенотип потомства от возвратного скрещивания F_1 с рогатым белым родителем? с безрогим красным?

24. В браке рыжеволосой женщины (рецессивный признак) с группой крови II (A) и темноволосого мужчины с группой крови III (B) родился рыжеволосый мальчик с группой крови I (O). Какова вероятность рождения у этой родительской пары рыжеволосой девочки с группой крови IV (AB)?

25. У человека ген полидактилии (наличие шестого пальца) P доминантен по отношению к норме p , а темный цвет волос B доминирует над рыжим b . Темноволосый мужчина с полидактилией женился на темноволосой женщине с нормальными пальцами. Их первый ребенок оказался рыжеволосым с нормальными пальцами. Какие фенотипы могут быть у других детей этой пары?

26. У человека лопухость A доминирует над геном нормальных ушей a , а темный цвет волос B доминирует над рыжим b . Каков генотип лопухого рыжего отца, если в браке с темноволосой женщиной, имеющей нормальные уши, у него были только лопухие темноволосые дети? Каков генотип матери?

27. У человека большие глаза A и нос с горбинкой B доминируют над маленькими глазами a и прямым носом b . Женщина с большими глазами и прямым носом вышла замуж за горбоносого мужчину с маленькими глазами. У них родилось четверо детей, двое из которых были горбоносыми с большими глазами. Каковы генотипы родителей?

28. У человека способность чувствовать горький вкус фенилтиокарбамида (ФТК) T доминирует над отсутствием такой способности t , а способность свертывать язык в трубочку S — над отсутствием такой способности s . Мужчина, не чувствующий горького вкуса ФТК и способный сворачивать язык в трубочку, отец которого не имел такой способности, женится на женщине, не умеющей сворачивать язык и чувствующей вкус ФТК, все известные родственники которой также чувствуют вкус ФТК. Какие потомки (в отношении этих двух признаков) могут родиться в этом браке?

29. У человека курчавые волосы C доминируют над прямыми c , наличие веснушек D — над их отсутствием d . Курчавый отец без веснушек и мать с прямыми волосами

и веснушками имеют троих детей. Все дети курчавые и с веснушками. Каковы генотипы родителей? Какие у них могут быть внуки, если их сын женится на женщине с гладкими волосами и без веснушек?

30. У человека большие глаза A доминируют над маленькими глазами a , а длинные ресницы B доминируют над короткими b . Каков генотип отца, имеющего большие глаза с короткими ресницами, если в браке с женщиной, имеющей маленькие глаза и длинные ресницы, у него были только большеглазые дети с длинными ресницами? Каков генотип матери?

31. У кошек черная окраска меха B доминирует над шоколадной b , которая, в свою очередь, доминирует над светло-коричневой (кофе с молоком) окраской b' ($B > b > b'$). Рецессивный ген r (корнишский рекс) определяет наличие длинного волнистого меха и кудрявых усов. У хозяина пушистой светло-коричневой кошечки с кудрявыми усами нет другого возможного отца для будущих котят, кроме черного кота с обычными усами. Правда, этот кот не совсем беспородный, так как его мама была шоколадной пушистой с кудрявыми усами. Как бы то ни было, хозяин хочет сохранить породу своей замечательной кошки. Какие скрещивания ему надо для этого провести?

32. У волнистых попугайчиков доминантный ген P определяет наличие желтого пигмента в перьях, ген p — отсутствие пигмента. Ген O определяет наличие в сердцевине пера темного пигмента меланина. Этот ген образует серию множественных аллелей: O^n — большое количество меланина; O^g — среднее количество меланина; O^w — мало меланина. Рецессивный аллель o определяет отсутствие меланина. $O^n > O^g > O^w > o$. Зеленая окраска разных оттенков возникает при наличии в пере обоих пигментов ($P-O^n$ — оливковый, $P-O^g$ — ярко-зеленый, $P-O^wO^w$ или $P-O^wo$ — светло-зеленый, $P-oo$ — желтый). При отсутствии желтого пигмента попугайчики бывают синими (O^n), голубыми (O^g) и бело-голубыми (O^w) в зависимости от того, какие аллели серии O присутствуют в генотипе. Если нет обоих пигментов, птицы имеют белый цвет. Пара попугайчиков (ярко-зеленый и синий) вывела птенцов — ярко-зеленых, го-

лубых и желтого. Какие еще птенцы могут быть у этой пары? Может ли эта пара попугайчиков стать родоначальницей породы белых попугайчиков?

33. В семье, где отец имеет III группу крови и карие глаза, а мать — II группу крови и голубые глаза, родился голубоглазый ребенок с I группой крови. Определите генотипы родителей и вероятность рождения ребенка с IV группой крови и карими глазами в этой семье.

34. У резус-положительного отца с III группой крови и резус-отрицательной матери с IV группой крови родился резус-положительный ребенок с II группой крови. Какова вероятность рождения ребенка, фенотипически подобного матери?

35. Мендель изучал наследование семи признаков гороха: цветки фиолетовые (доминантный признак) — цветки белые (рецессивный); зеленые створки боба (доминантный) — желтые створки боба (рецессивный); вздутые створки боба (доминантный) — плотно прилегающие к семенам створки с перетяжками (рецессивный); стебель длинный (доминантный) — стебель короткий (рецессивный); цветки пазушные (доминантный) — цветки верхушечные (рецессивный); семена гладкие (доминантный) — семена морщинистые (рецессивный); семена желтые (доминантный) — семена зеленые (рецессивный). Сколько разных фенотипов получится при самоопылении растения, гетерозиготного по всем этим признакам?

36. У человека пигментация кожи определяется двумя парами генов A_1 и A_2 , причем интенсивность ее зависит от общего числа доминантных генов. Четыре доминантных гена ($A_1A_1A_2A_2$) определяют черную окраску кожи, три — мулатов, два — смуглых, один — светлокожих, отсутствие доминантных генов — белокожих. Карие глаза B доминируют над зелеными глазами b^g , которые, в свою очередь, доминируют над голубыми b , а способность лучше владеть правой рукой R — над леворукостью r . Голубоглазый правша с белой кожей женился на смуглой кареглазой правше. У них родился зеленоглазый левша с белой кожей. Какова была вероятность рождения такого ребенка? Каков самый вероятный фенотип их потомков?

37. Окраска у мышей определяется следующими генами:

C — окрашенная шерсть; c — альбинизм;

AB — серый агути; Ab — желтый агути;

aB — черная окраска; ab — коричневая окраска;

D — темная окраска; d — ослабленная окраска;

P — темные глаза; p — розовые глаза;

S — сплошная окраска; s — пегость.

Скрестили мышь нормальной дикой окраски (серая агути с темными глазами) с кремово-пегой мышью (коричневой ослабленной окраски) с темными глазами. Получили следующих потомков: серую агути с розовыми глазами, черную с темными глазами, желтую агути с темными глазами, пего-голубую (черную ослабленную) с розовыми глазами и белых мышей с красными глазами (альбиносов). Какова вероятность рождения кремово-пегой мыши с розовыми глазами? Какой самый вероятный фенотип потомков?

38. У кошек рецессивный ген hr (мутация сфинкс) вызывает отсутствие шерсти, ген l определяет длинную шерсть, B — черную окраску, b — коричневую окраску, d ослабляет черную окраску до голубой, коричневую до светло-кофейной, c вызывает альбинизм, C — окрашенность. Скрещивание длинношерстной светло-кофейной кошки с котом-сфинксом дало черного котенка с короткой шерстью, коричневого длинношерстного, голубого длинношерстного и белого короткошерстного. Какими могут быть генотипы родителей?

39. У лошадей ген вороной масти B доминирует над геном рыжей масти b , а доминантный ген C вызывает развитие серой окраски (из-за ранней седины) при любой масти. От скрещивания серого жеребца с рыжей кобылой родился вороной жеребенок. Каких еще потомков можно ожидать от скрещивания этого жеребенка с рыжей кобылой?

40. У кукурузы нормальная высота растения определяется двумя неаллельными доминантными генами. Отсутствие хотя бы одного из них приводит к карликовости. При скрещивании двух карликовых растений получили 103 потомка нормальной высоты и 297 карликовых. Каковы генотипы родительских растений?

41. У человека пигментация кожи определяется двумя парами генов A_1 и A_2 , причем интенсивность окраски зависит от общего числа доминантных генов. Четыре доминантных гена ($A_1A_1A_2A_2$) определяют черный цвет кожи, три — темный цвет кожи мулатов, два — смуглую кожу, один — светлую кожу, отсутствие доминантных генов — белую кожу. Какой цвет кожи мог иметь Пушкин, если его прадед был чернокожим, мать — смуглой, а прабабка и супруги остальных предков — светлокожими?

42. Окраску цветков левкоя определяет комплементарное взаимодействие доминантных аллелей четырех генов: A , B , C и D .

Скрестили два белых растения с генотипами $AabbCcdd$ и $aaBbCcDd$. Какая часть потомства F_1 будет иметь окрашенные цветки?

43. У экзотических зверей виолетов признак «светящиеся в темноте глаза» определяется комплементарным действием доминантных аллелей шести разных генов.

Виолет, имеющий генотип $AaBbCCDdEeff$, скрещен с животным с генотипом $AaBBccDdeeff$. Какова вероятность рождения детеныша со светящимися глазами?

44. У мышей серая окраска A , желтая окраска A^y , черно-огненная a^t (темная спина, ярко-желтое брюшко), черная a составляют серию множественных аллелей, доминирующих в следующем порядке: $A^y > A > a^t > a$.

При скрещивании двух желтых мышей всегда получали желтых и черных потомков в соотношении 2:1. Скрещивание двух других желтых мышей давало желтых и черно-огненных мышей в соотношении 2:1. Какое потомство можно ожидать от скрещивания двух желтых мышей из F_1 обоих скрещиваний?

45. Скрещивание короткохвостых кошек между собой всегда дает короткохвостых и длиннохвостых котят, причем длиннохвостых примерно в два раза меньше, чем короткохвостых. Ген c^s определяет сиамскую окраску, этот аллель доминантен по отношению к аллелю полного альбинизма c . Скрещивание длиннохвостой сиамской кошки с короткохвостым сиамским котом дало двух котят — короткохвостого белого котика и длиннохвостую сиамскую кошечку. Каким будет потомство F_2 ?

46. У пчел самцы развиваются из неоплодотворенных яиц, т. е. гаплоидны и содержат только по одному аллелю всех генов. Ген, вызывающий вислоккрылость, проявляется только у самок, трутни вислоккрылыми не бывают.

Какими будут фенотипы и генотипы потомства от скрещивания вислоккрылой пчелы с нормальным трутнем?

47. У догов черная окраска *B* доминирует над коричневой *b*, а доминантный ген *M* (фактор Мерля) вызывает появление мраморной окраски. При разведении таких собак обычно скрещивают мраморных особей с черными. При этом половина потомства оказывается мраморными. Попытки вывести чисто мраморную породу не увенчались успехом, так как при скрещивании двух мраморных догов всегда выщеплялись потомки без мраморного окраса и белые маложизнеспособные щенки.

При скрещивании двух черно-мраморных догов родились два щенка — черный и коричневый. Какова вероятность рождения у этой пары коричнево-мраморного щенка?

48. Для размножения длинношерстной (рецессивный признак) морской свинки (1) был подобран длинношерстный самец (2), но у него оказался небольшой дефект — полидактилия (наличие лишнего пальца). Он передал его половине своих потомков. Скрещивание потомков с полидактилией (3) между собой дало в целом 17 потомков с полидактилией (4) и 8 с нормальным числом пальцев. После этого таких длинношерстных свинок с полидактилией скрещивали с обычными короткошерстными свинками с нормальным числом пальцев. Среди полученных потомков были как длинношерстные, так и короткошерстные, как с полидактилией, так и нормальные по этому признаку. Определите генотипы обозначенных цифрами особей. Какое расщепление было в последнем из скрещиваний?

49. Скрестили двух дрозофил с растопыренными крыльями, одна с черным телом, другая с серым. В потомстве получили 112 серых мух с растопыренными крыльями и 57 серых мух с нормальными крыльями. Какие мухи и с какой вероятностью получатся при скрещивании мух с растопыренными крыльями из первого поколения между собой?

50. У мышей длина хвоста определяется серией аллелей одного гена: T , t^+ , t . Гомозиготное состояние мутантных аллелей T и t вызывает гибель эмбрионов, гомозиготы по аллелю дикого типа t^+ нормальные. Гетерозиготы Tt^+ имеют укороченный хвост, Tt бесхвостые, t^+t нормальные. Какие потомки и в каком соотношении получатся при скрещивании друг с другом: а) короткохвостых мышей; б) бесхвостых мышей; в) короткохвостых мышей с бесхвостыми?

51. У трехпалых драконов и пятипалых драконов всегда все дочери трехпалые, а все сыновья пятипалые.

Сколько пальцев будет у сыновей и дочек пятипалого дракона и трехпалой драконихи?

52. У человека рецессивный ген дальтонизма d сцеплен с полом. Темные глаза B доминируют над голубыми b , а способность лучше владеть правой R — над леворукостью r .

Мужчина с нормальным зрением, карими глазами, правша женится на кареглазой женщине, правше, отец которой был дальтоником с голубыми глазами. Первый их ребенок — дочь с нормальным зрением, голубыми глазами и левша. Каковы генотипы родителей и дочери? Какова вероятность рождения в этой семье голубоглазого левши-дальтоника?

53. У человека один из типов гемофилии наследуется как сцепленный с X -хромосомой рецессивный признак. Альбинизм обусловлен аутосомным рецессивным геном, а полидактилия — доминантным аутосомным геном. У супружеской пары, в которой у мужчины была полидактилия, а по другим двум указанным признакам оба супруга были нормальны, родился сын с гемофилией и альбинизмом, но с нормальным числом пальцев. Какова вероятность рождения нормального ребенка?

54. Известна наследственная форма рахита, трудно поддающаяся лечению. В браках мужчин, которые в детстве страдали этим заболеванием, с нормальными женщинами дочери всегда больны, а сыновья всегда здоровы. Как наследуется заболевание?

55. У дрозофилы рецессивный ген l находится в X -хромосоме и обладает летальным действием. Доминантный ген Var также находится в X -хромосоме и определяет

признак «полосковидные глаза». Скрестили самку с полосковидными глазами и самца с нормальными глазами. В потомстве все самцы имели нормальные глаза, а среди самок половина была с нормальными глазами, половина — с полосковидными. Какие мухи получатся в F_2 ?

56. У дрозофилы рецессивный ген l находится в X-хромосоме и обладает летальным действием. Доминантный ген Var также находится в X-хромосоме и определяет признак «полосковидные глаза». Скрестили самку с полосковидными глазами и самца с нормальными глазами. В потомстве все самцы имели полосковидные глаза, а среди самок половина была с нормальными глазами, половина — с полосковидными. Каковы генотипы родителей и потомков?

57. У кошек аутосомный доминантный ген B определяет черную окраску, его рецессивный аллель — коричневую, доминантный ген S вызывает появление белых пятен. Доминантный сцепленный с полом ген O любую окраску, кроме белой, превращает в рыжую. У черной кошки родились черно-рыже-белая кошечка и белокоричневый котик. Какая окраска была у их отца? Каковы генотипы кошки и ее потомков?

58. У дрозофилы доминантный ген Hw , находящийся в X-хромосоме, определяет признак «волосатые крылья», а рецессивный ген vg , находящийся в другой хромосоме, — зачаточные крылья. Гомозиготную самку с нормальными крыльями скрестили с бескрылым самцом. Все самки в потомстве оказались с волосатыми крыльями. Какое потомство получится от скрещивания мух F_1 между собой?

59. У дрозофилы доминантный ген $Notch$, находящийся в X-хромосоме, вызывает появление вырезки на крыльях. Скрестили самку с вырезкой на крыльях и самца с нормальными крыльями. В потомстве все самцы имели нормальные крылья, а среди самок половина была с нормальными крыльями, половина — с вырезкой. Какие мухи получатся в F_2 ?

60. У дрозофилы доминантный с рецессивным летальным действием ген D определяет растопыренные крылья. Рецессивный ген fu , находящийся в X-хромосоме, опреде-

ляет слияние жилок в основании крыла. Самки, гомозиготные по этому гену, не дают потомства, на плодовитость самцов аллель влияния не оказывает. Скрестили самку с растопыренными крыльями с самцом со слившимися жилками крыла. В потомстве в равном количестве оказались: мухи дикого типа; мухи с растопыренными крыльями и слившимися жилками; мухи с растопыренными крыльями и нормальными жилками; мухи с нормальными крыльями и слившимися жилками. Какие мухи получатся в F_2 , если для размножения будут отобраны все мухи с растопыренными крыльями?

61. У кошек доминантный, сцепленный с полом ген O определяет рыжую окраску, рецессивный аутосомный ген b — коричневую, его доминантный аллель B — черную, аутосомный ген d ослабляет любую окраску (рыжую до кремовой, коричневую до светло-кофейной, черную до голубой), доминантный ген W предотвращает появление любой окраски. При скрещивании белой кошки с белым котом родились голубая кошечка, кремовый котик и коричневый котик. Котята какой окраски не могут родиться у этой пары?

62. При скрещивании курицы и петуха, имевших оперенные ноги и полосатую окраску, за несколько лет в потомстве получили 29 полосатых петухов с оперенными ногами, 11 полосатых петухов с голыми ногами, 14 полосатых куриц с оперенными ногами, 16 белых куриц с оперенными ногами, 5 полосатых куриц с оперенными ногами и 6 белых куриц с голыми ногами. Как наследуются признаки «полосатая окраска» и «оперенные ноги»? Каковы генотипы родителей и потомства?

63. У томатов ген высокого роста растения D доминирует над карликовостью d , а шаровидная форма плода O над грушевидной o . Эти два гена сцеплены и дают 20% перекреста.

При скрещивании высокого растения с шаровидными плодами с карликовым растением, имеющим грушевидные плоды, получили 81 высокое шаровидное, 79 карликовых грушевидных, 22 высоких грушевидных и 17 карликовых шаровидных потомков. При скрещивании другого высокого шаровидного растения с карликовым грушевидным по-

лучили 21 высокое грушевидное, 18 карликовых шаровидных, 5 высоких шаровидных и 4 карликовых грушевидных потомка. Каковы генотипы обоих родительских высоких растений с шаровидными плодами?

64. У гороха опушенность растения *B* доминирует над отсутствием опушения *b*, пурпурная окраска цветов *P* доминирует над белой окраской *p*, а стелющаяся форма растения *A* доминирует над кустистой формой *a*.

При скрещивании гетерозиготного опушенного пурпурноцветкового растения с голым белоцветковым было получено 40% опушенных пурпурноцветковых, 40% голых белоцветковых, 10% голых с пурпурными цветками и 10% опушенных белоцветковых растений. При скрещивании гетерозиготного опушенного стелющегося растения с голым кустистым получили 25% голых кустистых, 25% опушенных стелющихся, 25% голых стелющихся и 25% опушенных кустистых растений. Какое расщепление по фенотипу будет получено при скрещивании гетерозиготного пурпурноцветкового стелющегося растения с голым белоцветковым?

65. У дрозофилы во второй хромосоме находятся рецессивные гены *vg* (зачаточные крылья), *b* (черное тело) и *p* (пурпурные глаза).

В скрещивании $Vgvg Bb \times Vgvg Bb$ (VgB/vgb) получили 97 нормальных, 95 бескрылых черных, 20 бескрылых серых, 19 крылатых черных мух.

В скрещивании $PB/pb \times PB/pb$ получили 82 пурпурноглазых черных, 79 красноглазых серых, 6 пурпурноглазых серых, 5 красноглазых черных мух.

В скрещивании $VgP/vgp \times VgP/vgp$ получили 107 пурпурноглазых бескрылых, 113 красноглазых крылатых, 17 пурпурноглазых крылатых, 14 красноглазых бескрылых мух. Постройте карту района.

66. В популяции присутствуют два аллеля — *A* и *a*. Если частота особей с генотипом *aa* равна 0,36, то какова частота аллеля *A* в равновесной популяции?

67. Частоты генотипов *AA*, *Aa* и *aa* в популяции равны соответственно 0,5, 0,25 и 0,25. Определите частоты аллелей *A* и *a*. Какими будут частоты генотипов *AA*, *Aa* и *aa* в следующем поколении, если на популяцию не действуют никакие факторы эволюции?

68. В равновесной популяции частота генотипа aa равна 0,36. Какая доля копий этого аллеля находится в гетерозиготном состоянии, а какая — в гомозиготном?

69. Способность сворачивать язык в трубочку контролируется доминантным аллелем, неспособность — рецессивным. Определите частоты гомо- и гетерозигот по этому аллелю в вашем классе.

70. В некоторой равновесной популяции гомозиготы BB встречаются в два раза чаще, чем гетерозиготы. Какова частота аллеля B ?

71. У человека группы крови M , N и MN определяются кодоминантным действием аллелей M и N . В популяции 16% людей обладают группой крови N . Определите ожидаемый процент индивидов с группами крови M и MN .

72. Популяция состоит из 2000 особей. Из них с генотипом AA — 420 особей, с генотипом Aa — 1520, с генотипом aa — 60. Найдите частоты аллелей A и a . Является ли популяция равновесной?

73. В популяции бушменов в Южной Африке встречаются только первая (O) и третья (B) группы крови. Лица с первой группой крови составляют 81%. Определите частоту гомозигот с третьей группой крови, считая, что популяция находится в равновесии. Какова вероятность брака двух гомозигот?

74. В популяции мышей в течение одного года родилось 2% альбиносов. Определите частоты аллелей и долю гетерозигот.

75. В популяции человека частота рождения альбиносов составляет приблизительно 0,0004. В генетическом отношении люди-альбиносы — это гомозиготы по рецессивному гену d , вызывающему полное отсутствие пигмента. Определите частоту гетерозигот Dd , исходя из предположения, что популяция находится в равновесии Харди — Вайнберга.

76. Частота рецессивного аутосомного гена длинной шерсти l у кошек в Среднем Поволжье составляет 0,56, на Дальнем Востоке — 0,23. Какова вероятность того, что первый представитель кошачьего племени в Казани будет длинношерстной кошкой? А во Владивостоке? А вероятность того, что это будет гладкошерстный кот?

77. В некоторой популяции человека встречаемость рецессивного моногенного заболевания составляет 1 : 400. Какова вероятность вступления в брак двух гетерозиготных носителей этого заболевания?

78. В человеческой популяции люди с отрицательным резус-фактором (Rh^-Rh^-) составляют примерно 16%. Какова вероятность того, что резус-отрицательная девочка, став взрослой и выйдя замуж, будет иметь резус-положительного ребенка?

79. У овец встречается мутация, проявляющаяся укорочением ушей у гетерозигот и отсутствием ушей у гомозигот. В стаде подсчитали число овец с разными генотипами по этой мутации. Выяснилось, что длинноухих овец 1227, безухих 16, короткоухих 278. Так как полностью безухих оказалось так мало, то решили, что гомозиготы обладают пониженной жизнеспособностью. Правильно ли это заключение?

80. Окраску меха у лисицы определяет пара аллелей с неполным доминированием B и b . Лисы с генотипом BB имеют черно-бурый мех, bb — красный (рыжий), Bb — так называемые сиводушки (рыжие с серой мордой и грудью). Окраска на жизнеспособность не влияет.

В отчете Российско-американской компании (XIX в.) о меховом промысле сказано: «На острове Кадьяк упромышлено в Трехсвятительской артели черно-бурых лисиц 59, сиводушек 104, красных 89; в Итаской артели на том же острове 19, 39 и 32». Не утаили ли промышленники несколько шкурок определенной окраски? Какой?

81. В популяционной генетике часто изучают различные аллели генов, кодирующие ферменты с нормальной ферментативной активностью, но различающиеся по подвижности в электрическом поле. В фенотипе такие аллели проявляются кодоминантно, т. е. у гетерозигот присутствуют и могут быть определены оба варианта соответствующего белка. Оказалось, что в некоторых популяциях человека частоты разных аллелей одного гена могут быть различными. По локусу фермента фосфоглюкомутазы $Pgm 1$ у человека существует два кодоминантных аллеля.

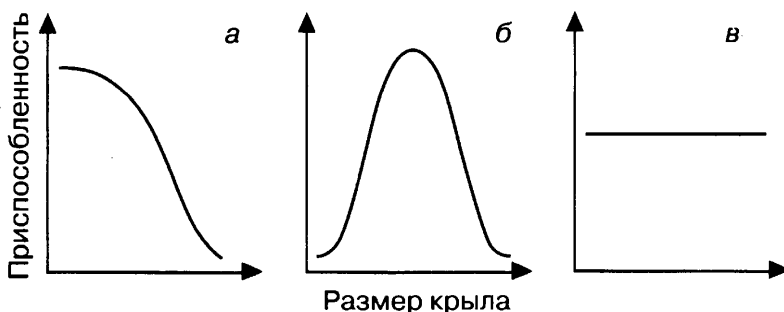
Среди жителей одной местности изучили выборку в 1110 человек. Из них оказалось 634 человека с генотипом

АА, 391 человек с генотипом Аа, 85 человек с генотипом аа. В другой местности выборка составляла 800 человек, из них с генотипом АА — 208 человек, с генотипом Аа — 193 человека, с генотипом аа — 399 человек. Являются ли эти группы частями одной популяции или частями разных популяций?

82. Тяжелое наследственное заболевание человека фенилкетонурия, обусловленное рецессивным геном, в некоторых районах Ирландии встречается с частотой примерно 1 на 5000 новорожденных. Какова вероятность того, что у здоровой жительницы этого района, уже имеющей больного ребенка, во втором браке со здоровым мужчиной также родится больной ребенок?

83. Акаталазия — заболевание, вызываемое рецессивным геном, впервые было обнаружено в Японии. У гетерозигот по этому гену при отсутствии клинических проявлений заболевания наблюдается пониженное содержание каталазы в крови. Частота гетерозигот составляет 0,09% среди населения Хиросимы и Нагасаки и 1,4% среди остального населения Японии. Какова частота заболевания среди жителей Хиросимы и Нагасаки и среди жителей других частей Японии? С чем может быть связана такая разница в частоте рецессивного аллеля в разных районах Японии?

84. На рисунках а—в представлена зависимость приспособленности (вероятности выживания) мух от размеров их крыльев. Эта зависимость разная в трех различных популяциях. Определите, какая форма отбора действует в каждой из этих популяций, и предскажите, как будет изменяться среднее значение признака в ряду поколений.



85. Для генов, имеющих не два, а три аллеля, уравнение Харди — Вайнберга имеет следующий вид:

$$p^2 + q^2 + r^2 + 2pq + 2pr + 2qr = 1,$$

где p , q и r — частоты аллелей A , a_1 и a_2 .

В одном из исследований по популяционной генетике человека было определено, что в Берлине 36% населения имело I (0) группу крови, 43% — II (A) группу, 15% — III (B) и 6% — IV (AB) группу. Влияет ли группа крови на жизнеспособность человека?

86. В таблице приведены последовательности нуклеотидов в гомологичных генах акулы и двух млекопитающих (мышь и опоссума). Определите число замен, различающих эти виды, постройте их филогенетическое древо и реконструируйте последовательность нуклеотидов в гене последнего общего предка этих видов.

Акула	ЦГЦТЦТТАГТЦЦЦАЦГТГГГАЦЦЦ ТЦАЦЦГТАГЦТААГАТЦАЦТАЦЦГТА
Мышь	ЦЦЦТЦТТАЦТЦЦЦАЦГТГГГАЦЦЦ ТЦТЦЦГТАГЦТАТГАТЦАЦААЦЦТА
Опоссум	ЦЦЦТЦТТАЦТГГГГГЦАЦЦЦАЦЦЦ ТЦТЦЦГТАГЦТАТГАТЦАЦТАЦЦТА

87. В таблице приведены последовательности нуклеотидов в гомологичных генах трех видов приматов. Определите число замен, различающих эти виды, постройте их филогенетическое древо и реконструируйте последовательность нуклеотидов в гене последнего общего предка этих видов. В каких позициях триплетов — первой, второй или третьей — чаще всего наблюдаются замены? (Считывание начинается с первого нуклеотида.) Почему?

Горилла	АТАТЦАТГГЦТААЦЦТТЦТАЦТЦЦАТТ ГТАЦЦТАТЦЦТААТЦГЦЦАТАГЦАТТЦЦТА
Резус	АТГАЦЦАЦАГТТАААТЦТЦЦТАЦТТАТААТЦ АТАЦЦЦАЦАТТАГЦЦГЦЦАТАГЦАТТТЦТЦ
Человек	АТАЦЦЦАТГГЦЦААЦЦТЦЦТАЦТЦЦАТТ ГТАЦЦЦАТТЦТААТЦГЦААТГГЦАТТЦЦТА

88. В таблице приведены последовательности нуклеотидов в гомологичных генах трех видов приматов. Каков вероятный аминокислотный состав предкового белка?

Бабуин	АЦАЦТЦГТТГААЦГААААЦТАЦТАГГАТАТ АТАЦААЦТАЦГЦААГТГАЦЦТААЦАТТГТА
Гиббон	АТГТТААЦЦГААЦГАААААТЦЦТАГГЦТАЦ АЦАЦААЦТАЦГЦАААГГЦЦЦЦААЦАТЦГТА
Шимпанзе	АТГЦТААЦЦГААЦГАААААТТЦТАГГЦТАЦ АТАЦААЦТАЦГЦАААГГТЦЦЦААЦАТТГТА

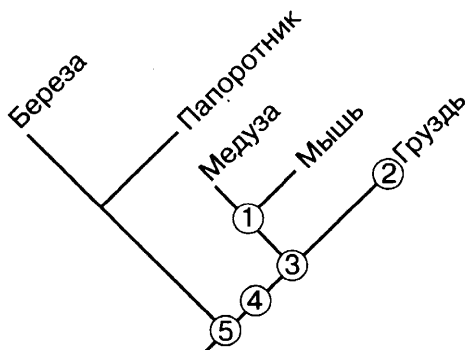
89. В таблице приведены последовательности нуклеотидов в гомологичных генах десяти видов приматов. Постройте филогенетические деревья по последовательности нуклеотидов и по последовательности аминокислот в соответствующем белке. Какое дерево дает больше информации об эволюционных взаимоотношениях этих видов?

Бабуин	АТГААААЦАЦТЦЦТЦЦТААЦТТЦАЦТАТТЦ ЦТАТГААТЦЦГАГЦАГЦТАЦЦЦЦГАТТЦ
Бонобо	АЦЦААГГЦТЦТАЦТТТГААЦЦТЦЦЦТГТТЦ ЦТАТГААТТЦГААЦААЦАТАТЦЦЦЦГАЦТТ
Верветка	АЦЦААААЦАЦТЦЦТЦЦТААЦЦТЦТЦТАТТЦ ЦТАТГААЦТЦГАГЦААЦАТАЦЦЦЦГАТТЦ
Гиббон	АТЦААААЦЦЦТАЦТЦТТААЦЦТЦЦЦТАТТТ ЦТАТГААТЦЦГААЦААЦАТАЦЦЦЦГАТТЦ
Горилла	АЦЦААААЦЦЦТГТЦТТЦГААЦЦТЦТЦТАТТЦ ЦТАТГААТТЦГААЦТГЦАТАТЦЦТЦГАТТТ
Орангутан	АТЦААААЦЦЦТАЦТЦЦТААЦТГТЦЦЦТАТТЦ ЦТАТГААТТЦГААЦАААЦАТАЦЦЦЦГАТТА
Ревун	АЦТААААЦАЦТТЦТАЦТААЦЦАЦЦЦТАТТТ ТТАТГААТЦЦГТАЦГГЦАТАЦЦЦЦЦГТТТТ
Резус	АЦЦААААЦАЦТЦТТЦЦТААЦЦТЦЦЦТАТТЦ ЦТАТГААТЦЦГГГЦАГЦАТАЦЦЦЦГАТТЦ
Человек	АЦЦААГАЦЦЦТАЦТТЦТААЦЦТЦЦЦТГТТЦ ТТАТГААТТЦГААЦАГЦАТАЦЦЦЦЦГАТТЦ
Шимпанзе	АЦЦАААГЦТЦТАЦТТЦТААЦЦТЦЦЦТГТТЦ ЦТАТГААТТЦГААЦАГЦАТАТЦЦЦЦГАТТТ

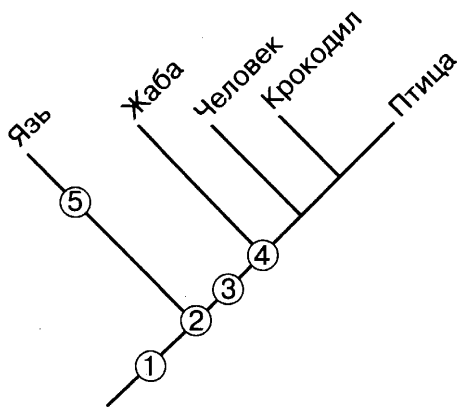
90. В таблице суммированы данные о количестве замен нуклеотидов в гомологичных генах митохондриальной ДНК девяти видов приматов. На основе этой матрицы различий постройте филогенетическое древо. Совпадают ли выводы, которые можно сделать на основании этого древа, с выводами, основанными на сравнении последовательностей ДНК ядерных генов (см. задачи 87—89)?

		2	3	4	5	6	7	8	9
1	Человек	90	95	99	141	152	177	192	189
2	Шимпанзе		44	111	156	157	190	205	194
3	Бонобо			116	154	153	196	217	201
4	Горилла				150	142	191	209	200
5	Орангутан					145	176	188	188
6	Гиббон						193	188	195
7	Верветка							128	119
8	Резус								128
9	Бабуин								

91. На приведенном филогенетическом древе определите, какая из пяти точек указывает на последнего общего предка гурзды и медузы.



92. На основе знаний по зоологии определите, правильно ли построено дерево, изображенное ниже. К какому узлу следует добавить судака? К какому узлу следует добавить акулу?



93. На основе знаний по ботанике и зоологии постройте филогенетическое дерево нижеперечисленных видов.

Акула	Карп	Морской еж	Пчела
Амеба	Кишечная	Морской	Пшеница
Анаконда	палочка	конек	Рак
Бабочка	Коза	Муха	Синица
Береза	Корова	Мухомор	Скат
Волк	Кошка	Мышь	Слон
Воробей	Краб	Овес	Сорока
Гадюка	Крокодил	Окунь	Сосна
Дождевой	Кролик	Орел	Страус
червь	Крыса	Оса	Хвоц
Дятел	Лиса	Осетр	Хомяк
Еж	Лосось	Папоротник	Человек
Жук	Лошадь	Паук	Шимпанзе
Заяц	Лягушка	Подосиновик	Язь
Землеройка	Медведь	Полевка	Ящерица
Инфузория	Морская	Попугай	
	корова		

94. Известно, что гены белков глобинов, в том числе и α - и β -цепей гемоглобина, произошли в результате дупликации и последующей дивергенции копий одного предко-

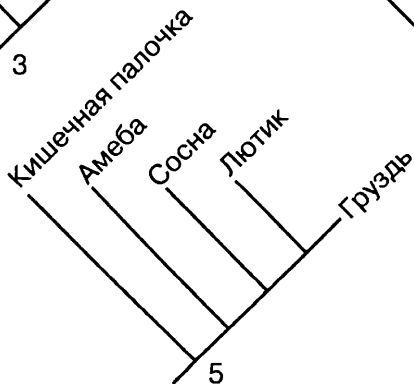
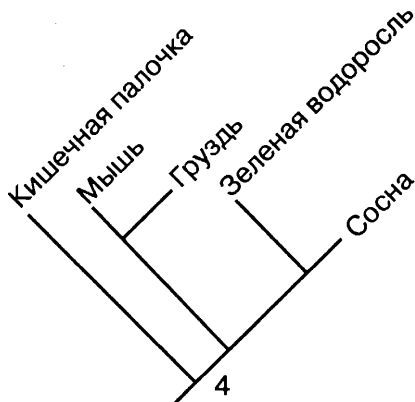
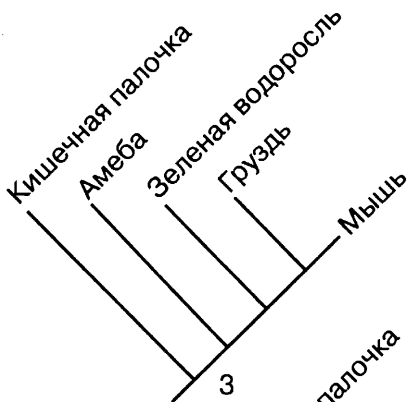
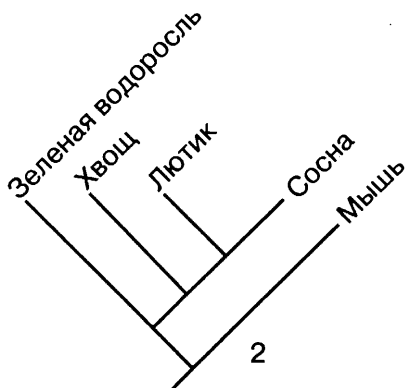
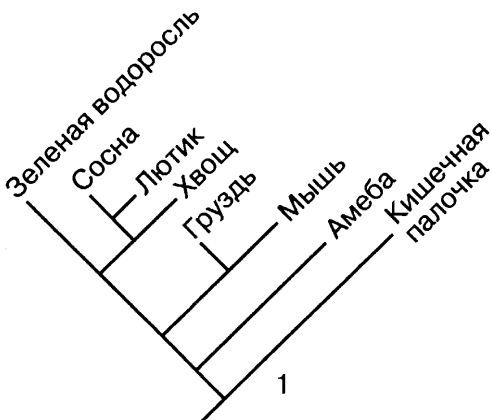
вого гена. Последовательности последних двадцати аминокислот в α - и β -цепях гемоглобина человека таковы:

α -цепь: Гис-Ала-Сер-Лей-Асп-Лиз-Фен-Лей-Ала-Сер-Вал-Сер-Тре-Вал-Лей-Тре-Сер-Лиз-Тир-Арг;

β -цепь: Гли-Ала-Ала-Тир-Гли-Лиз-Вал-Вал-Ала-Гли-Вал-Ала-Асп-Ала-Лей-Ала-Гис-Лиз-Тир-Гис.

Каково минимальное число нуклеотидных замен, произошедших с момента дупликации гена?

95. Древо 1 построено на основе сравнения последовательностей ДНК. Какое из древ 2—5 изображено неверно?





Тестовые задания для подготовки к ЕГЭ

Химия клетки и молекулярная биология

А. Задания с одним правильным ответом.

1. Мономером(ами) нуклеиновых кислот является(ются)

- а) нуклеотиды
- б) фосфат кальция
- в) рибоза и дезоксирибоза
- г) азотистые основания

2. АТФ

- а) осуществляет выведение веществ через мембрану клетки
- б) осуществляет узнавание гормонов клетками
- в) аккумулирует энергию, получаемую при расщеплении питательных веществ в клетке
- г) осуществляет расщепление питательных веществ в клетке

3. К углеводам не относится

- а) хитин
- б) гликоген
- в) глюкоза
- г) инсулин

4. Бактериальная иРНК длиной 360 нуклеотидов кодирует белок длиной

- а) около 360 аминокислот
- б) около 180 аминокислот
- в) точно 120 аминокислот
- г) меньше чем 120 аминокислот

5. В состав нуклеиновых кислот не входят

- а) азотистые основания
- б) гексозы
- в) D-сахара
- г) остатки фосфорной кислоты

6. Укажите верное утверждение

- а) в клетках всех тканей организма содержится одинаковая генетическая информация
- б) во всех клетках человека синтезируются все собственные ему белки

в) генетическая информация в нервных клетках отличается от генетической информации в клетках печени

г) в клетках коры головного мозга содержится значительно больше генетической информации, чем в остальных

7. К липидам НЕ относится

а) рыбий жир

б) простагландин

в) АТФ

г) холестерин

8. Знаком начала транскрипции является

а) кодон АУГ

б) кодаза

в) промотор

г) ДНК-полимераза

9. Гены находятся в молекулах

а) полипептидов

б) рРНК и тРНК

в) ДНК

г) всех перечисленных

10. Порядок расположения нуклеотидов в ДНК определяет

а) последовательность работы ферментов транскрипции

б) последовательность расположения аминокислот в белках

в) последовательность включения генов в ходе индивидуального развития

г) последовательность реакций в биохимическом конвейере

11. В состав нуклеотида не входит(ят)

а) глюкоза

б) содержащие азот соединения

в) пентозы

г) остаток фосфорной кислоты

12. Бактериальный белок длиной в 150 аминокислот кодируется иРНК длиной

а) около 450 нуклеотидов

б) около 50 нуклеотидов

в) более 450 нуклеотидов

г) точно 600 нуклеотидов

13. У бактерий одна молекула иРНК считывается

- а) со всей молекулы ДНК
- б) с одного гена
- в) с одного оперона
- г) с одного оператора

14. Все белки

- а) являются неразветвленными полимерами
- б) имеют четвертичную структуру
- в) имеют дисульфидные связи
- г) являются ферментами

15. Все белки имеют

- а) D- и L-аминокислоты
- б) гидрофобную поверхность
- в) фосфодиэфирные связи
- г) третичную структуру

Б. Задания с несколькими правильными ответами

16. Какие из утверждений содержат ошибку?

- а) трансляция начинается с кодона АУГ
- б) транскрипция заканчивается, дойдя до стоп-кодона
- в) ДНК-полимераза может двигаться только от 3'-к 5'-концу матрицы
- г) трансляция начинается с промотора
- д) ДНК-полимераза не может начинать репликацию
- е) репликация заканчивается, дойдя до терминатора

17. Укажите неверные утверждения

В состав белков входят

- а) только незаменимые аминокислоты
- б) только L-аминокислоты
- в) γ -аминомасляная кислота
- г) только α -аминокислоты
- д) серусодержащие аминокислоты
- е) жирные кислоты

18. Укажите неверные утверждения

Для вирусов характерны следующие признаки живых организмов

- а) рост
- б) размножение
- в) обмен веществ
- г) наследственность

- д) раздражимость
- е) способность к эволюции

19. Укажите неверные утверждения

- а) стоп-кодон кодирует формилметионин
- б) кодоны содержатся в информационной РНК и ДНК
- в) между кодонами нет пробелов, обозначающих конец одного кодона и начало другого
- г) кодон состоит из трех аминокислот
- д) стоп-кодона не кодируют никакую аминокислоту
- е) кодон АУГ не встречается внутри гена

20. Укажите неверные утверждения

- а) все белки являются гидрофобными соединениями
- б) денатурация белка может быть обратимой и необратимой
- в) в организмах есть аминокислоты, не входящие в состав белков
- г) все белки имеют первичную, вторичную, третичную и четвертичную структуры
- д) белки, имеющие нативную структуру, растворимы, а денатурированные нерастворимы
- е) антитела являются белками

21. Укажите неверные утверждения

- а) кодон состоит из трех нуклеотидов
- б) для каждого вида аминокислоты есть только один кодон
- в) каждый кодон определяет только одну какую-нибудь аминокислоту
- г) каждый кодон состоит из трех аминокислот
- д) не все гены состоят из кодонов
- е) кодоны есть в рибосомных РНК

22. Укажите неверные утверждения

- а) затравка не нужна для репликации кольцевой ДНК
- б) синтез ДНК, РНК и белка всегда происходит по матричному принципу
- в) матрицами могут быть ДНК, РНК и белок
- г) в образовавшейся в результате репликации молекуле ДНК эукариот одна цепочка короче другой на длину затравки
- д) сигналом окончания репликации служит терминатор
- е) для репликации необходима энергия

23. Укажите неверные утверждения

- а) транспортные РНК для разных аминокислот различаются своей первичной структурой
- б) все тРНК имеют одинаковую третичную структуру
- в) существует один фермент, присоединяющий аминокислоты к тРНК
- г) существуют 20 разных ферментов, присоединяющих аминокислоты к тРНК
- д) кодазы кодируют информацию о структуре белка
- е) кодазы узнают третичную структуру тРНК

24. Укажите неверные утверждения

- а) во всех клетках человека синтезируются все собственные ему белки
- б) в одноклеточных организмах работают все имеющиеся в них гены
- в) в клетках всех тканей многоклеточного организма содержится одинаковая генетическая информация
- г) ни в одной клетке не могут одновременно работать все имеющиеся в ней гены
- д) ген инсулина работает в клетках поджелудочной железы и в клетках печени
- е) бактерии могут включать и выключать работу генов в зависимости от условий среды

25. Укажите неверные утверждения

Вирусы

- а) размножаются только внутри клетки
- б) не имеют собственных белков
- в) имеют в составе вириона либо ДНК, либо РНК
- г) необязательно вызывают гибель зараженной клетки
- д) поражают только многоклеточные организмы
- е) имеют автономную систему энергообеспечения

26. Укажите неверные утверждения

- а) в бактериальных клетках иРНК быстро разрушается
- б) без промотора невозможна транскрипция
- в) в состав оперона всегда входит несколько структурных генов
- г) оператор находится перед началом каждого структурного гена
- д) существуют опероны без оператора и терминатора
- е) в генах эукариот нет операторов

27. Укажите неверные утверждения

- а) без затравки не может начаться синтез ДНК
- б) затравка — небольшой фрагмент ДНК, присоединяющийся к началу матричной цепи ДНК
- в) затравка нужна для репликации только линейных молекул ДНК
- г) линейные молекулы ДНК с каждым актом репликации укорачиваются с 3'-конца
- д) у бактерий нет теломеразы
- е) теломераза необходима для репликации ДНК в митохондриях

28. Укажите неверные утверждения

- а) в хромосомах эукариот много репликонов
- б) теломераза не работает в клетках взрослого организма
- в) у вирусов нет репликонов
- г) ДНК-полимераза может двигаться вдоль матричной нити только в одном направлении
- д) фрагменты Оказаки удаляются из готовой ДНК
- е) участки ДНК, не кодирующие белки, тоже реплицируются

29. Укажите неверные утверждения

- а) не все гены содержат информацию о первичной структуре полипептидов
- б) в митохондриальной ДНК нет генов
- в) в ДНК бактерий нет интронов
- г) в ДНК бактерий нет регуляторных участков
- д) все гены эукариот содержат интроны
- е) в ДНК эукариот много некодирующих участков

30. Укажите неверные утверждения

- а) не у всех эукариот есть хромосомы
- б) теломер нет в митохондриальной ДНК
- в) суммарная длина молекул ДНК в клетке эукариот может составлять несколько метров
- г) у одноклеточных организмов нет хромосом
- д) хромосомы эукариот могут содержать кольцевую ДНК
- е) ДНК в клетках эукариот всегда находится в комплексе с белками

31. Найдите верные утверждения

Ферменты

- а) как правило, являются белками

б) значительно увеличивают скорость химических реакций в клетке

в) не встречаются у бактерий

г) производятся железами внутренней секреции и транспортируются в клетки кровотоком

д) остаются каталитически активными при любых изменениях среды

е) обязательно имеют активный центр

32. Найдите верные утверждения

Белки

а) служат основным источником энергии для клетки

б) выполняют защитную функцию в организме

в) могут быть очень сильными ядами

г) обязательно имеют четвертичную структуру

д) определяют уникальность каждого организма

е) в клетке очень быстро разрушаются

33. Найдите верные утверждения

Для трансляции нужна(ы)

а) ДНК

б) рибосомы

в) нуклеотиды

г) аминокислоты

д) РНК-полимераза

е) иРНК

34. Найдите верные утверждения

Принципом репликации является

а) полуконсервативность

б) триплетность

в) универсальность

г) комплементарность

д) необходимость промотора

е) антипараллельность

35. Найдите верные утверждения

Для репликации характерны

а) вырожденность

б) требование затравки

в) неадекватность

г) недорепликация 3'-конца матрицы

д) прерывистость

е) консервативность

36. Найдите верные утверждения

Свойства генетического кода

- а) полуконсервативность
- б) триплетность
- в) униполярность
- г) универсальность
- д) требование промотора
- е) вырожденность

37. Найдите верные утверждения

Генетическому коду присущи следующие свойства

- а) однозначность
- б) необходимость затравки
- в) неперекрываемость
- г) неадекватность
- д) наличие стоп-кодонов
- е) антипараллельность

38. Найдите верные утверждения

а) АТФ является важной молекулой в метаболизме, так как она исключительно стабильна

б) некоторые гены эукариот не содержат интронов

в) белки, способные ускорять химические реакции, выполняют в клетке каталитическую функцию

г) ген – это участок ДНК, кодирующий одну молекулу белка, РНК, полисахарида или липида

д) у прокариот синтез белка всегда начинается с аминокислоты формилметионина

е) в ядре эукариотической клетки все гены кодируют белки

39. Найдите верные утверждения

а) генетическим кодом называют набор клеточных генов

б) кольцевые молекулы ДНК характерны только для клеток прокариот

в) матричные синтезы требуют затраты энергии

г) у эукариот в регуляции транскрипции участвуют гормоны

д) сплайсинг нужен для компактизации хромосом

е) гены «домашнего хозяйства» работают во всех клетках многоклеточного организма

40. Найдите верные утверждения

а) все гормоны являются белками

б) двухцепочечные молекулы нуклеиновых кислот состоят из комплементарных цепочек

в) РНК никогда не бывает двухцепочечной

г) ВИЧ может встраивать свою копию в ДНК человека

д) некоторые крупные вирусы могут размножаться вне клетки

е) информационные РНК с полиА-хвостом могут долго сохраняться в клетке

Строение клетки, генетика и эволюция

А. Задания с одним правильным ответом

1. Клетка, не имеющая пластид, митохондрий и лизосом, принадлежит

а) бактерии

б) грибу

в) растению

г) животному

2. Основной признак клеток прокариот

а) наличие оболочки

б) наличие рибосом

в) отсутствие ядра

г) наличие жгутиков

3. ДНК в ядрах клеток эукариот существует в виде

а) нескольких линейных молекул

б) нескольких кольцевых молекул

в) одной линейной молекулы

г) одной кольцевой молекулы

4. Прокариоты отличаются от эукариот тем, что

а) у них нет жгутиков

б) у них нет мембранных органоидов

в) у них нет немембранных органоидов

г) у них нет ДНК

5. Клетка, в которой отсутствует ядерная мембрана, а ДНК располагается в цитоплазме, принадлежит

а) грибу

б) бактерии

в) растению

г) животному

6. Найдите неверное утверждение

- а) прокариотические клетки не имеют оформленного ядра
- б) у прокариот есть митохондрии
- в) прокариотические клетки имеют рибосомы
- г) ДНК прокариот кольцевая

7. К прокариотам относятся

- а) грибы
- б) вирусы
- в) бактерии
- г) амёбы

8. Хлоропласты имеются в клетках

- а) луковицы тюльпана
- б) белого гриба
- в) корнеплода свеклы
- г) листа красного перца

9. Ядрышко

- а) является местом образования субчастиц рибосом
- б) обеспечивает транспорт веществ в клетку
- в) обеспечивает транспорт иРНК из ядра в цитоплазму
- г) обеспечивает транспорт АТФ в ядро

10. Пластиды имеются в клетках

- а) только растений
- б) только животных
- в) всех эукариот
- г) бактерий

11. Функцией клеточного центра является

- а) обеспечение клеток энергией
- б) обеспечение транспорта веществ в клетку
- в) синтез рибосомной РНК
- г) организация сборки микротрубочек во время деления клетки

12. Найдите неверное утверждение

- а) генетическая информация обо всех признаках организма хранится в клеточном ядре
- б) клеточное ядро отсутствует у прокариот
- в) клеточное ядро может отсутствовать в некоторых эукариотических клетках
- г) клеточное ядро является самым маленьким органоидом клетки

13. Найдите неверное утверждение

- а) многие мембранные белки являются рецепторами
- б) фагоцитоз требует затраты энергии
- в) у бактерий нет фагоцитоза
- г) у бактерий нет мембран

14. Найдите неверное утверждение

- а) все рибосомы в клетках эукариот одинаковы
- б) у бактерий нет микротрубочек
- в) жгутики бактерий и эукариот устроены по-разному
- г) рибосомы — самые мелкие из органоидов клетки

15. Найдите неверное утверждение

- а) там, где нет света, нет и автотрофных организмов
- б) хлоропласты родственны цианобактериям
- в) некоторые хемосинтетики живут при температуре выше 100 °С
- г) внутри тилакоида протонов больше, чем в строме хлоропласта

16. Аллелями называют

- а) все гены, находящиеся в гомологичных хромосомах
- б) все гены, отвечающие за один и тот же признак
- в) разные состояния одного и того же гена
- г) все гены, полученные от одного из родителей

17. Гомозиготные особи — это

- а) особи, возникшие из одной зиготы
- б) особи, образующие только один тип гамет
- в) особи, имеющие рецессивный фенотип
- г) особи, дающие расщепление в потомстве

18. Анализирующее скрещивание — это

- а) скрещивание с рецессивной гомозиготой
- б) скрещивание, результаты которого анализируют с помощью решетки Пеннета
- в) скрещивание двух гомозиготных особей
- г) скрещивание двух гетерозиготных особей

19. Кодоминирование — это

- а) взаимодействие двух неаллельных доминантных генов
- б) одновременное проявление в фенотипе действия двух аллелей одного гена
- в) проявление действия разных генов в одном фенотипе
- г) возникновение промежуточного фенотипа при наличии в генотипе доминантного и рецессивного аллелей

20. Сцепленное с полом наследование наблюдается, когда

- а) в половых хромосомах нет кроссинговера
- б) признак проявляется только у одного пола
- в) признак является доминантным у одного пола и рецессивным у другого
- г) гены находятся в половых хромосомах

21. Дрейфом генов называется

- а) передача генов от родителей к потомкам
- б) возникновение мутаций в генах
- в) направленное изменение частоты гена в популяции
- г) случайное изменение частоты гена в популяции

22. Элиминация особей со средним проявлением признака происходит

- а) при движущем отборе
- б) при стабилизирующем отборе
- в) при дизруптивном отборе
- г) при мутационном процессе

23. Миграция особей между соседними популяциями приводит

- а) к видообразованию
- б) к уменьшению различий в генофонде этих популяций
- в) к естественному отбору
- г) к дрейфу генов

24. Мутации устойчивости к антибиотикам возникают у бактерий

- а) только в том случае, если их подвергают действию антибиотиков
- б) только в том случае, если их подвергают действию мутагенов или облучению
- в) безотносительно к действию перечисленных выше факторов
- г) если их разводят в искусственных условиях

25. При интенсивном движущем отборе в изолированной популяции генетическая изменчивость этой популяции

- а) увеличивается
- б) уменьшается
- в) остается неизменной
- г) колеблется около среднего значения

26. Аллопатрическое видообразование происходит в том случае, если

- а) предковые популяции обитали на одной и той же территории, но различались по экологическим нишам
- б) предковые популяции обитали на разных территориях, и миграция между ними отсутствовала
- в) скрещивались особи разных видов
- г) возникла репродуктивная изоляция в результате хромосомных мутаций

Б. Задания с несколькими правильными ответами

1. Молекулы РНК можно обнаружить

- а) в митохондриях
- б) в клеточной мембране
- в) в пластидах
- г) в клеточном центре
- д) в цитоплазме
- е) в жгутиках

2. Рибосомы в эукариотической клетке можно обнаружить

- а) в клеточной мембране
- б) в митохондриях
- в) в клеточном центре
- г) в цитоплазме
- д) в пластидах
- е) в вакуолях

3. Найдите верные утверждения

- а) одной из функций клеточной мембраны является транспорт веществ
- б) в эритроцитах человека нет генов
- в) у эукариот молекулы ДНК находятся в ядре, митохондриях и клеточном центре
- г) клетки можно увидеть только в электронный микроскоп
- д) рибосомы вирусов отличаются от рибосом прокариот
- е) способность плазматической мембраны окружать твердую частицу пищи и перемещать ее внутрь клетки лежит в основе процесса фагоцитоза

4. Найдите верные утверждения

а) способность плазматической мембраны окружать твердую частицу пищи и перемещать ее внутрь клетки лежит в основе процесса диффузии

б) рибосом нет у вирусов

в) клеточная стенка есть у некоторых клеток животных

г) хлоропласты могут терять хлорофилл и окрашиваться в желтый цвет

д) жгутики бактерий не похожи на жгутики эукариотических клеток

е) центриоли есть у всех эукариот

5. Найдите верные утверждения

а) основная часть АТФ в клетке образуется при окислении органических веществ

б) хемосинтезики — немногочисленная группа организмов, не играющая большой роли в биосфере

в) основным результатом фотосинтеза — запасание энергии в молекулах глюкозы

г) атмосферный кислород образуется при разложении диоксида углерода в ходе фотосинтеза

д) темновая фаза фотосинтеза называется так потому, что может происходить только в темноте

е) ферменты, участвующие в окислительном фосфорилировании, закреплены в мембране митохондрий

6. Найдите неверные утверждения

Отклонение от менделевских расщеплений может быть результатом

а) сниженной жизнеспособности определенного типа гамет

б) малого количества проанализированных потомков

в) расположения генов в хромосомах

г) перекреста хромосом в мейозе

д) наличия множественных аллелей одного гена

е) бесполого размножения

7. Найдите верные утверждения

К мутациям относят

а) изменение числа хромосом

б) изменение фенотипа организма под влиянием внешней среды

в) все изменения организма, произошедшие в течение жизни

г) изменения в первичной структуре ДНК

д) перестройки генома в ходе дифференцировки клеток

е) изменения в ДНК митохондрий

8. Источником(ами) комбинативной изменчивости является(ются)

а) перестройки генома в ходе дифференцировки клеток

б) перекрест хромосом в мейозе

в) изменения в первичной структуре ДНК

г) неодинаковая жизнеспособность гамет с разным генотипом

д) случайная встреча гамет при оплодотворении

е) независимое расхождение хромосом в мейозе

9. Найдите неверные утверждения

а) признаки организма, определяемые генотипом, не меняются в течение жизни особи

б) мутации могут вызываться как внешними воздействиями, так и внутренними причинами

в) модификации в отличие от мутаций носят массовый характер

г) все мутации, вызываемые ионизирующим излучением, вредны для клетки

д) некоторые аллели могут быть доминантными у одного пола и рецессивными у другого

е) проявление количественных признаков зависит от внешней среды, а качественных не зависит

10. Найдите неверные утверждения

а) фенотипическое проявление одних и тех же генов может быть различным у разных особей

б) один ген может действовать на разные признаки

в) морфологические признаки организма зависят от действия генов, а поведение — от среды

г) способности у животных зависят от генов, а у человека — от воспитания

д) дифференцированное состояние клеток может наследоваться в ряду клеточных поколений

е) дифференцированное состояние клеток может наследоваться поколениями особей

11. Найдите неверные утверждения

- а) реальные популяции никогда не находятся в состоянии равновесия
- б) частота рецессивного аллеля может очень сильно различаться в разных популяциях одного вида
- в) закон Харди—Вайнберга не действует в больших популяциях
- г) закон Харди—Вайнберга применяют для обнаружения отбора по данному признаку
- д) сцепление генов вызывает нарушение равновесия в популяциях
- е) в малых популяциях нарушение равновесия может быть случайным

12. Крыло птицы и крыло летучей мыши называют гомологичными органами, потому что

- а) общий предок птиц и летучих мышей имел крыло
- б) они развиваются из одинаковых зачатков
- в) они выполняют одну и ту же функцию
- г) они возникли за счет эволюционного изменения передних конечностей их последнего общего предка
- д) у предков птиц и летучих мышей в ходе образования крыла произошли одни и те же мутации
- е) это адаптивные видоизменения одного и того же органа

13. Новые гены могут возникать за счет

- а) мутаций
- б) дрейфа генов
- в) естественного отбора
- г) дубликаций уже существующих генов
- д) хромосомных перестроек
- е) переноса генетического материала вирусами и мобильными элементами

14. Какие из утверждений иллюстрируют генетическую изменчивость в популяциях человека?

- а) люди различаются по группам крови
- б) люди различаются по цвету глаз
- в) в популяциях есть старые и молодые люди
- г) люди различаются по восприимчивости к инфекционным заболеваниям
- д) люди говорят на разных языках
- е) люди различаются по уровню образования

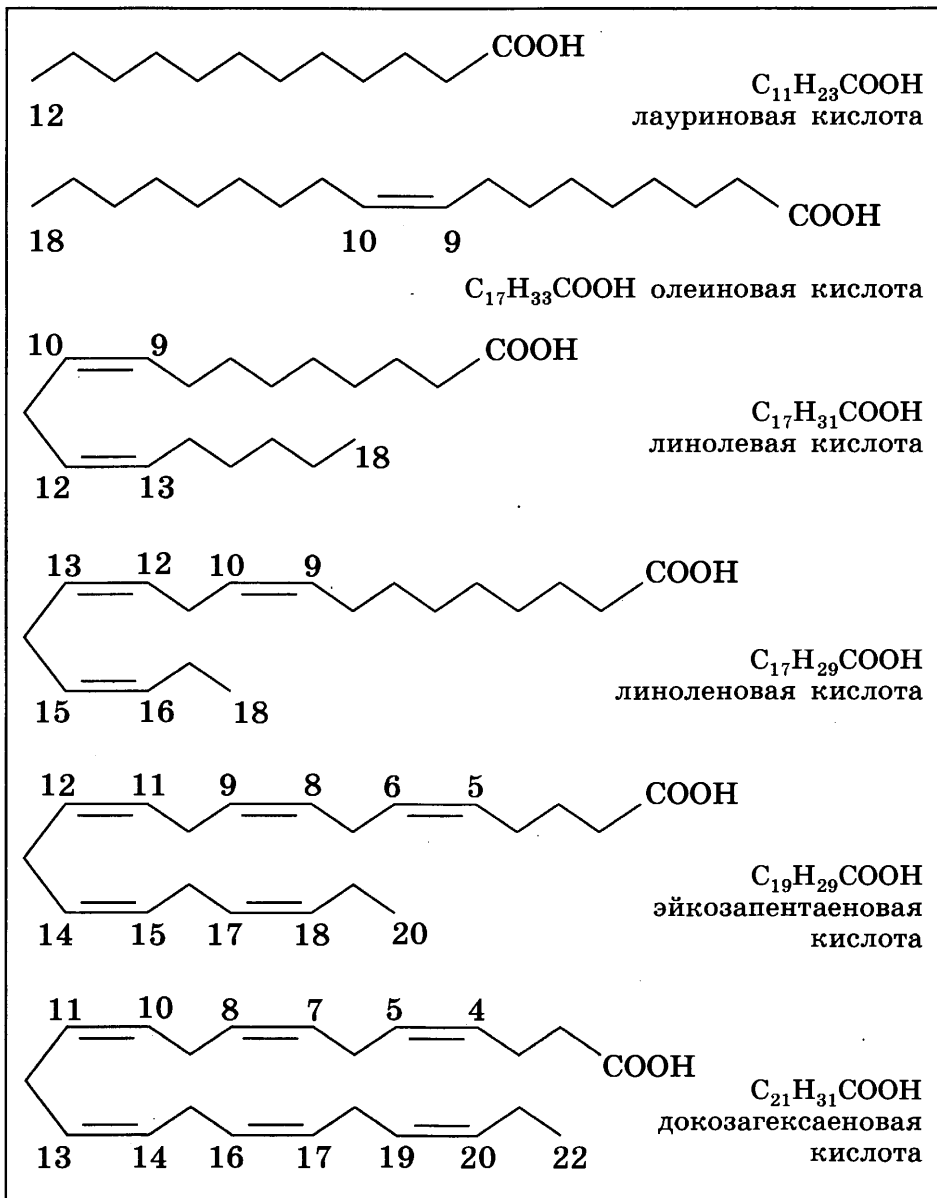
Приложение

1 пикограмм (пг) = 10^{-3} нанограмма (нг) = 10^{-6} микрограмма (мкг) = 10^{-9} миллиграмма (мг) = 10^{-12} грамма (г).

1 центограмм = 10^{-9} нанограмма.

1 нанометр (нм) = 10^{-3} микрометра (мкм) = 10^{-6} миллиметра (мм) = 10^{-9} метра (м).

Жирные кислоты



Задачи

Химия клетки и молекулярная биология

7. Ала-Иле-Лиз-Ала-Тир-Фен-Асп-Гис-Мет-Арг-Иле-Вал.
 9. 2:1. 14. 14% Т, 36% Г, 6% Ц, 17. б. 19. 104,04 нм.
 21. К концу. 31. Лей-Глн-Сер-Лей. 32. Арг-Трп-Тре-Лей-Ала-Асп-Тир-Асп. 33. Мет-Вал-Лей-Тре-Фен. 34. Около 6 с.
 35. 9%. 36. Около 18%. 37. 54,4 мкм; 227,8 м; 1,122 м.
 38. Около 5,7 пг. 39. Около 350 г.

Генетика и эволюция

5. $\frac{3}{4}$. 8. $\frac{1}{2}$. 9. *pp* (1), *Pp* (2), *P* (3), *pp* (4). 11. Родители — *Vb*, *bb*; потомки — *Vb*, *bb*. 14. $\frac{1}{2}$. 15. Гималайские.
 16. а) Темные; б) темные и шиншилловые. 17. а) III или I и III; б) II и IV или II, III и IV. 18. Обоюполюе и женские. 23. а) Рогатые белые, безрогие белые, рогатые чалые, безрогие чалые; б) безрогие красные, безрогие чалые.
 24. $\frac{1}{16}$. 26. *Aabb* и *aaBV*. 27. *aaVb* и *Aabb*. 32. Оливковые, синие и белые; да. 33. $VbI^{B_i^0}$, $bbI^{A_i^0}$; $\frac{1}{8}$. 34. $\frac{1}{4}$ или 0.
 35. 128. 36. $\frac{1}{32}$; светлокожий правша. 37. $\frac{1}{256}$; альбиносы. 38. *CcbbddlHrHr* и *CcBbDdLlhrhr*. 39. Серых, вороных и, возможно, рыжих. 40. *Aabb* и *aaVb*. 41. От мулата до белокожего. 42. $\frac{3}{32}$. 43. $\frac{9}{64}$. 45. Половина короткохвостых; либо все сиамские, либо половина белых.
 46. Половина самок вислоккрылые *Aa*, половина нормальные *aa*, самцы нормальные *a*. 47. $\frac{1}{8}$. 48. *lpp* (1), *lPp* (2), *lPp* (3), *lPp* (4); 2 *LlPp*; 1 *Llpp*: 2 *lPp*: 1 *lpp*. 49. Серые с растопыренными крыльями ($\frac{1}{2}$), черные с растопыренными крыльями ($\frac{1}{4}$), серые с нормальными крыльями ($\frac{1}{6}$), черные с нормальными крыльями ($\frac{1}{12}$). 50. а) короткохвостые и нормальные в соотношении 2 : 1; б) все бесхвостые; в) нормальные, короткохвостые и бесхвостые в соотношении 1 : 1 : 1. 51. Либо все потомки трехпалые, либо половина и самцов и самок пятипалые, половина трехпалые. 52. $\frac{1}{64}$. 53. $\frac{9}{32}$. 55. Все самцы с нормальными глазами, $\frac{1}{4}$ самок с полосковидными глазами. 56. Родители $X^{Bar;+}X^{+;l}$ и $X^{++}Y$; потомки $X^{Bar;+}Y$, $X^{Bar;+}X^{++}$, $X^{++}X^{+;l}$. 57. Кошка $VbssX^oX^o$, потомки $B-SsX^oX^o$ и $bbSsX^oY$; отец бело-рыжий. 58. И среди самок и среди самцов $\frac{1}{4}$ бескрылых, $\frac{3}{8}$ с волосатыми крыльями и $\frac{3}{8}$ с нормальными крыльями. 59. Самцы с нормальными крыльями, $\frac{1}{4}$ самок имеет крылья с вырезкой. 60. $\frac{2}{3}$ всех мух будут с растопыренными крыльями, $\frac{1}{3}$ — с нормальными; среди тех и других половина самцов и четверть самок будут иметь крылья со слившимися жилками. 61. Рыжие кошечки. 63. *DO/do* (1) и *Do/dO* (2). 64. 1 : 1 : 1 : 1. 66. 0,4.

67. 0,39, 0,47 и 0,14. 68. 40% и 60%. 70. 0,8. 71. 36% и 48%. 72. 0,59 и 0,41. 73. 1%; 0,081. 74. 0,86 и 0,14; 24%. 75. ~0,04. 76. 0,15; 0,03; 0,47. 77. ~0,009. 78. 0,6. 79. Нет. 81. Разных. 82. 0,007. 83. ~0,005%; ~0,75%. 85. Нет. 95. 5.

Тестовые задания

Химия клетки и молекулярная биология

А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
а	в	г	г	б	а	в	в	в	б	а	в	в	а	г

Б

16. б, г, е. 17. а, в, е. 18. а, в, д. 19. а, г, е. 20. а, г, д. 21. б, г, е. 22. а, в, д. 23. б, в, д. 24. а, б, д. 25. б, д, е. 26. в, г, д. 27. б, в, е. 28. б, в, д. 29. б, г, д. 30. а, г, д. 31. а, б, е. 32. б, в, д. 33. б, г, е. 34. а, г, е. 35. б, г, д. 36. б, г, е. 37. а, в, д. 38. б, в, д. 39. в, г, е. 40. б, г, е.

Строение клетки, генетика и эволюция

А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
а	в	а	б	б	б	в	г	а	а	г	г	г
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
а	а	в	б	а	б	г	г	в	б	в	б	б

Б

1. а, в, д. 2. б, г, д. 3. а, б, е. 4. б, г, д. 5. а, в, е. 6. б, в, г. 7. а, г, е. 8. б, д, е. 9. а, г, е. 10. в, г, е. 11. а, в, д. 12. б, г, е. 13. а, г, е. 14. а, б, г. 15. в, д, е.



7446900-3d70-11d0-9d67-00304874a8b4

Учебное издание

Дымшиц Григорий Моисеевич
Саблина Ольга Валентиновна
Высоцкая Людмила Васильевна
Бородин Павел Михайлович

БИОЛОГИЯ

Общая биология

Практикум

10—11 классы

Учебное пособие

для общеобразовательных организаций

Углублённый уровень

ЦЕНТР ЕСТЕСТВЕННО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Редакция биологии и естествознания

Зав. редакцией *З. Г. Гапонюк*

Редактор *Л. Н. Кузнецова*

Художественный редактор *Е. А. Михайлова*

Внешнее оформление *О. Г. Ивановой*

Компьютерная верстка

и техническое редактирование *О. С. Ивановой*

Корректоры *О. В. Крупенко, И. Б. Окунева, А. В. Рудакова*

Налоговая льгота — Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93—953000. Изд. лиц. Серия ИД № 05824 от 12.09.01. Подписано в печать 22.03.17. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага типографская. Гарнитура SchoolBook. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 6,48. Доп. тираж 1000 экз. Заказ № 2821.

АО «Издательство «Просвещение». 127521, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Отпечатано в ООО «Тульская типография». 300026, г. Тула, пр-т Ленина, 109.