

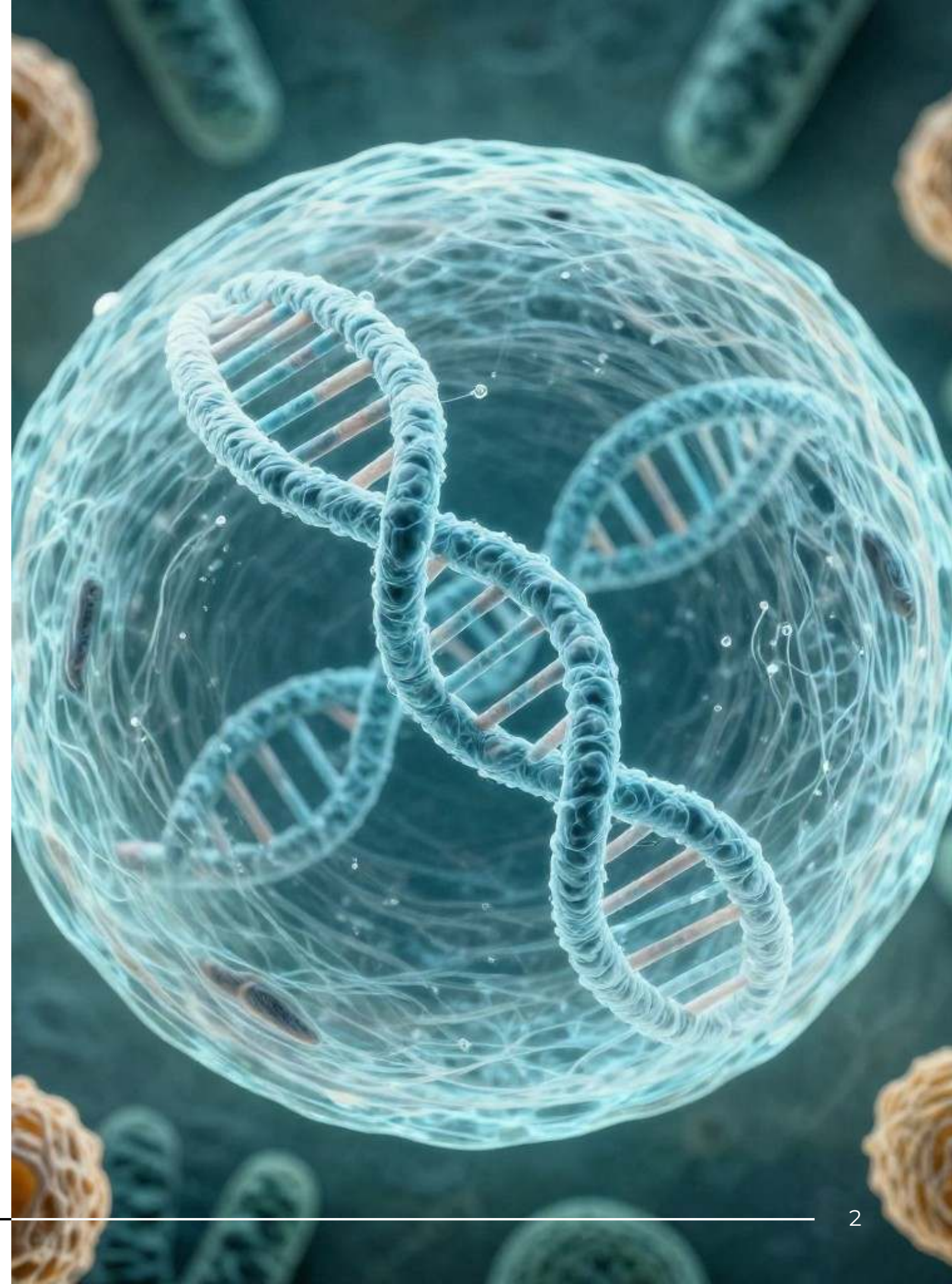
Хранение и использование наследственной информации

Как ДНК хранит, копирует и передаёт признаки живых организмов.



Зачем клетке наследственная информация

Генетическая информация определяет строение белков, обмен веществ и развитие организма. Она передаётся потомкам, создаёт разнообразие признаков и при ошибках может становиться причиной наследственных заболеваний.



ДНК как носитель наследственной информации

1

Двойная спираль

Молекула ДНК состоит из двух антипараллельных цепей, закрученных в двойную спираль. Такое строение делает хранение информации устойчивым и помогает клетке точно копировать её перед делением.

2

Комплементарность оснований

Аденин соединяется с тиминном, а гуанин — с цитозином. Благодаря строгому соответствию оснований одна цепь служит матрицей для сборки другой, что обеспечивает надёжность передачи наследственной информации.

3

Последовательность нуклеотидов

Именно порядок нуклеотидов несёт смысл генетического текста. В этой последовательности расположены гены и регуляторные участки, задающие, какие белки будут синтезированы и в какой момент они понадобятся клетке.

4

Информация и устойчивость

ДНК совмещает два важнейших свойства: долговременное сохранение сведений о признаках и возможность их точного считывания. Поэтому наследственная информация остаётся стабильной, но при этом доступной для работы клетки.

Упаковка ДНК в хроматин и хромосомы

Нуклеосомы

В ядре ДНК оборачивается вокруг белков-гистонов и образует нуклеосомы. Это первый уровень упаковки, который позволяет разместить длинную молекулу в ограниченном объёме ядра.

Хроматин

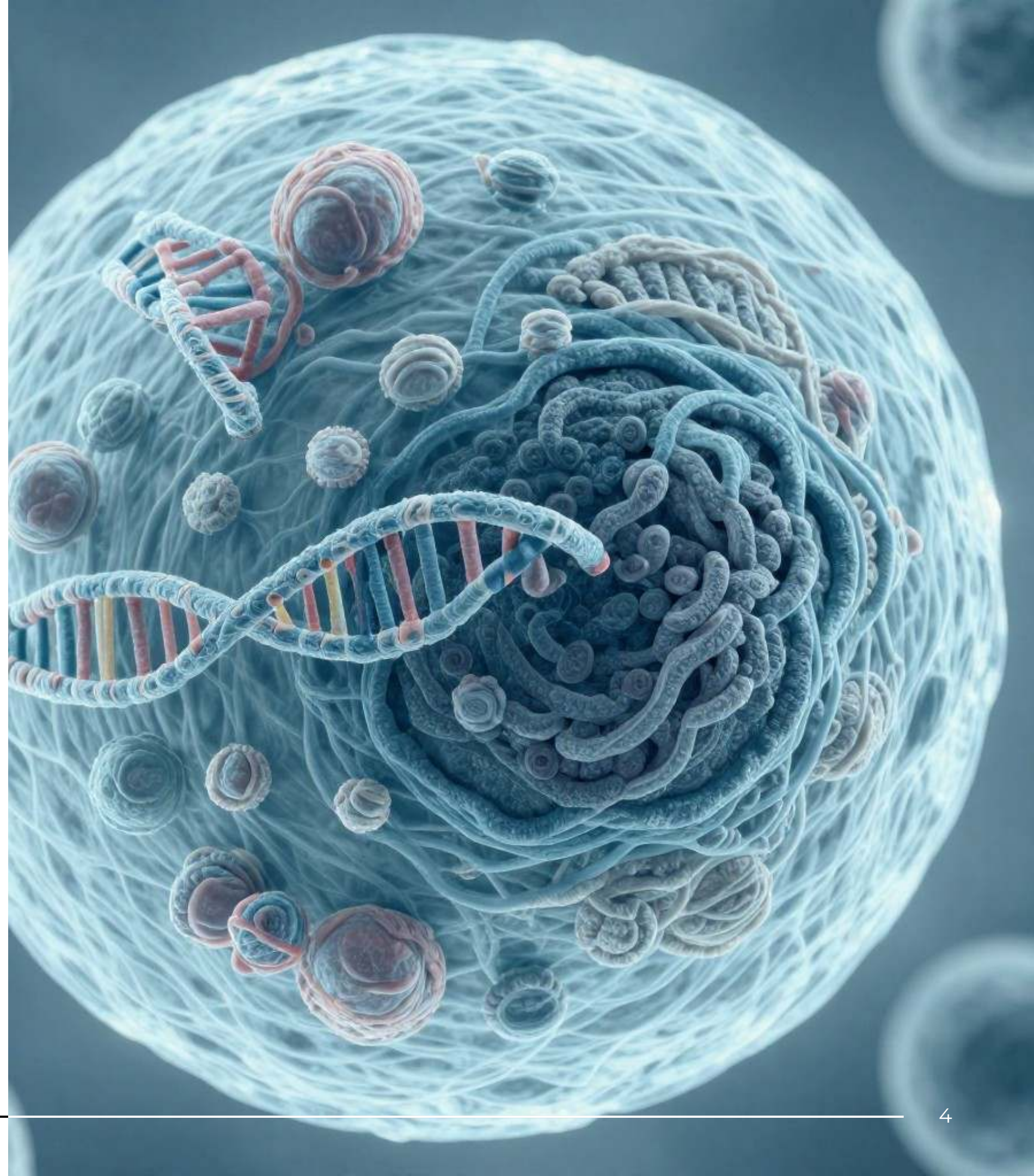
Нуклеосомы объединяются в хроматин — более крупную и гибкую структуру. Он обеспечивает не только компактность, но и возможность регулировать доступ ферментов к определённым участкам ДНК.

Эухроматин и гетерохроматин

Эухроматин более разрыхлён и обычно связан с активными генами, а гетерохроматин уплотнён и чаще остаётся малоактивным. Разная степень уплотнения помогает клетке управлять работой наследственного материала.

Хромосомы

Перед делением клетки хроматин ещё сильнее упаковывается в хромосомы. В этой форме наследственный материал особенно защищён и удобно распределяется между дочерними клетками.



Уровни организации наследственного материала

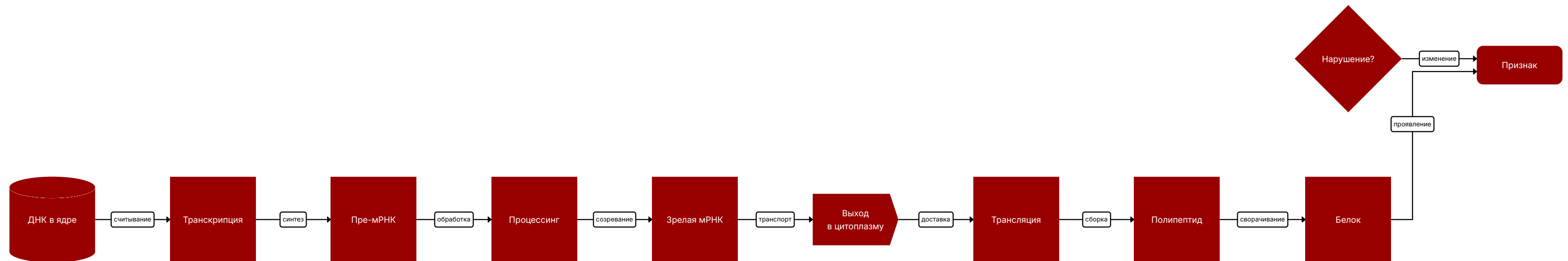
Уровень	Состав	Функция	Пример
ДНК	нуклеотиды	хранение	последовательность оснований
Ген	участок ДНК	информация о признаке	ген белка
Хроматин	ДНК + гистоны	упаковка	эухроматин
Хромосома	плотно упакованная ДНК	перенос при делении	метафазная хромосома

Один и тот же генетический материал существует на разных уровнях организации и по-разному проявляет себя в клетке.

Наследственная информация не сводится только к молекуле ДНК: она проходит несколько уровней упаковки, прежде чем становится доступной для работы клетки.

Путь реализации наследственной информации

Схема показывает, как наследственная информация проходит от ДНК к признаку.



Репликация: удвоение наследственного материала

1. Подготовка к делению

Репликация происходит перед делением клетки, чтобы каждая дочерняя клетка получила полный набор наследственной информации. Процесс начинается с расплетания двойной спирали и разделения двух цепей ДНК.

2. Полуконсервативный принцип

Каждая новая молекула ДНК сохраняет одну старую и одну вновь синтезированную цепь. Такой способ удвоения называется полуконсервативным и обеспечивает преемственность генетической информации.

3. Направление синтеза

ДНК-полимераза может достраивать цепь только в направлении 5'→3'. Поэтому синтез идёт строго упорядоченно и требует точного согласования работы нескольких ферментов.

4. Участники процесса

Хеликаза расплетает молекулу, праймаза запускает синтез, ДНК-полимераза достраивает новую цепь, а лигаза соединяет фрагменты. Совместная работа ферментов делает копирование ДНК эффективным и точным.

Точность копирования ДНК

Даже редкие ошибки важны, потому что одна замена в критическом участке может повлиять на работу гена и свойства белка.

Точность резко возрастает после проверки и репарации, поэтому итоговая частота ошибок у эукариот остаётся чрезвычайно низкой.



Школьный курс биологии; обобщённые оценки частоты ошибок репликации у эукариот

Транскрипция: синтез РНК по матрице ДНК

Матрица ДНК



Транскрипция начинается на участке ДНК, где закодирована нужная клетке информация. Одна из цепей служит матрицей, а последовательность РНК строится комплементарно ей.

РНК-полимераза



Фермент РНК-полимераза распознаёт начало гена, разъединяет цепи ДНК и собирает РНК из рибонуклеотидов. Именно он обеспечивает считывание генетической информации в ядре.

Виды РНК



У эукариот образуются мРНК, тРНК и рРНК. мРНК переносит информацию, тРНК доставляет аминокислоты, а рРНК входит в состав рибосом и участвует в синтезе белка.

Начало и завершение



Промотор задаёт точку старта транскрипции, а терминатор останавливает её. Благодаря этим участкам клетка точно определяет, где начинается и заканчивается считывание гена.

Процессинг РНК у эукариот

Кэпирование

На 5'-конец пре-мРНК присоединяется кэп. Он защищает молекулу от разрушения и помогает ей распознаваться клеточными системами, отвечающими за дальнейший транспорт и перевод информации.

Полиаденилирование

К 3'-концу добавляется поли-А-хвост, который повышает устойчивость РНК в ядре и цитоплазме. Эта «защитная метка» облегчает выход зрелой мРНК из ядра.

Сплайсинг

Во время сплайсинга интроны удаляются, а экзоны соединяются в единую последовательность. В результате образуется зрелая мРНК, готовая к участию в синтезе белка.

Альтернативный сплайсинг

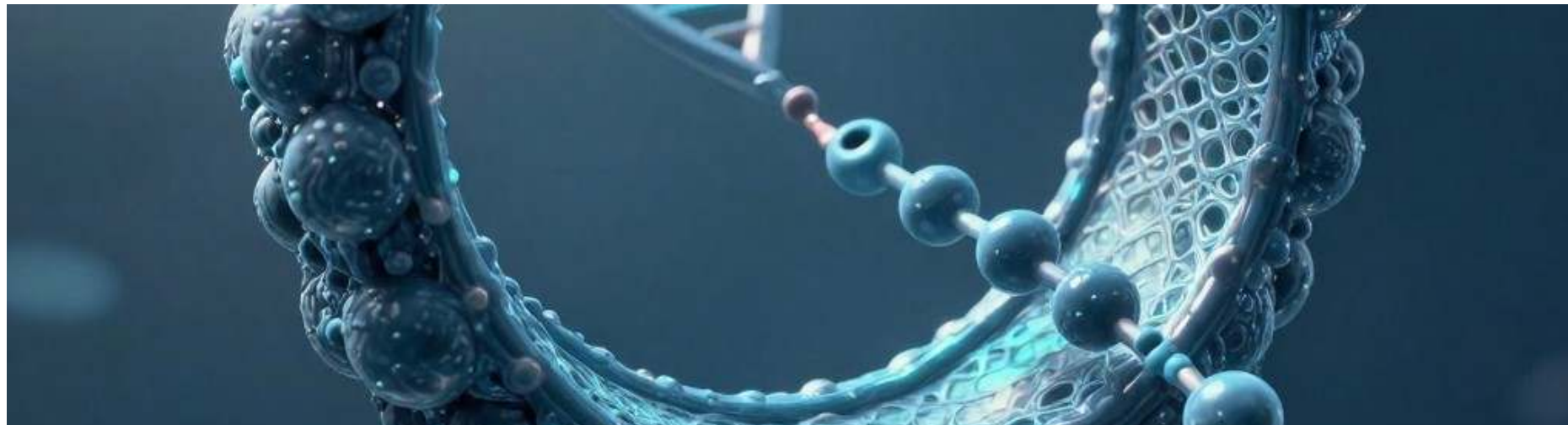
Один и тот же ген может обрабатываться по-разному, если соединяются разные наборы экзонов. Это увеличивает разнообразие белков без увеличения числа самих генов.

Как рибосома превращает информацию в белок



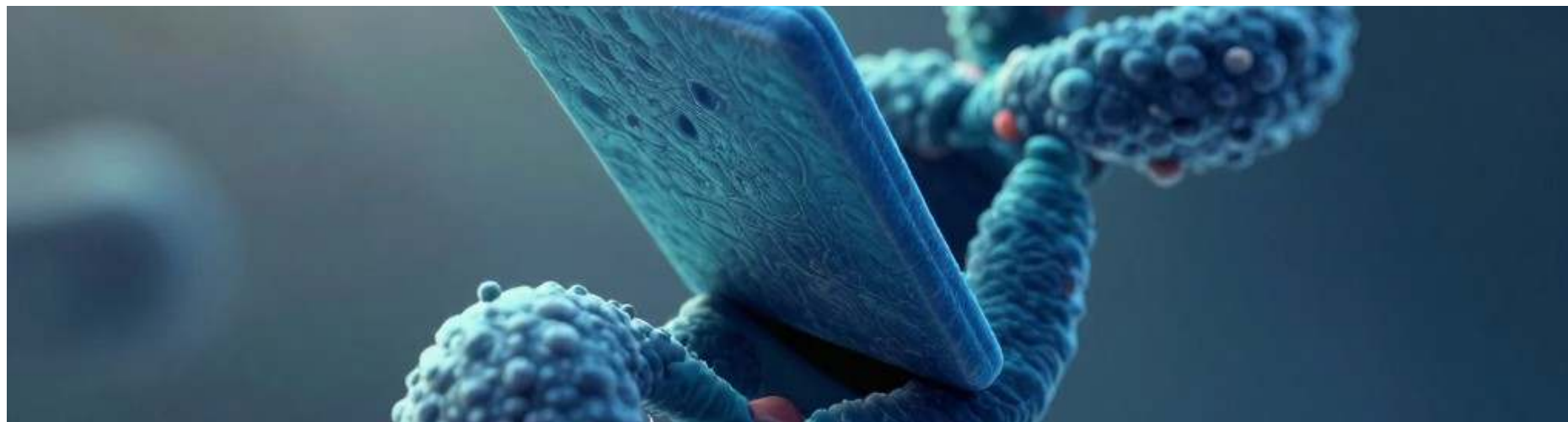
Кодон распознан

Рибосома движется вдоль молекулы мРНК, словно читает инструкцию по строкам. Каждый кодон узнаётся антикодоном тРНК, которая приносит нужную аминокислоту. Так на молекулярном уровне складывается точная последовательность будущего белка.



Цепь начинает расти

После распознавания старт-кодона AUG рибосома запускает сборку полипептида. Аминокислоты соединяются пептидными связями одна за другой, и цепь удлиняется. Процесс идёт быстро, но требует строгого совпадения кодонов и тРНК.



Сигнал остановки и сворачивание

Когда рибосома достигает стоп-кодона, синтез прекращается, а готовая цепь освобождается. Затем белок сворачивается в определённую пространственную форму, которая и определяет его функцию — ферментативную, транспортную или структурную.

64

**кодонов образуют систему
записи наследственной
информации**

Школьный курс биологии; генетический код.

Именно столько триплетов возможно при четырёх нуклеотидах; часть из них задаёт аминокислоты, а три кодона служат сигналами остановки синтеза.

От гена к признаку: уровни контроля

Каждый следующий этап добавляет новый уровень регуляции: от считывания гена до итогового проявления признака в клетке и организме.

Фенотип формируется постепенно: влияние гена усиливается и уточняется на каждом этапе реализации наследственной информации.



Схематическое представление по школьному курсу биологии.

Что управляет работой генов



Тип клетки

В разных клетках активны разные наборы генов, поэтому нейрон, мышечная клетка и клетка крови выполняют собственные функции, имея одинаковую ДНК.



Стадия развития

Во время эмбрионального развития и роста организма включаются и выключаются разные гены. Это позволяет клеткам последовательно специализироваться и формировать ткани и органы.



Сигналы среды

Температура, питание, гормоны и другие внешние воздействия способны изменять активность генов. Клетка отвечает на такие сигналы, меняя скорость синтеза РНК и белков.



Упаковка хроматина

Плотно упакованные участки ДНК труднее доступны ферментам, а разрыхлённые — легче считываются. Поэтому структура хроматина напрямую влияет на включение и выключение генов.

Как работают эпигенетические механизмы

Сохранена ДНК

Последовательность нуклеотидов не меняется, но клетка получает возможность по-разному использовать одни и те же гены.

Модификации гистонов

Химические изменения белков-гистонов меняют степень упаковки хроматина, облегчая либо затрудняя доступ к генам.

Метилирование ДНК

К молекуле ДНК присоединяются метильные группы, и некоторые участки становятся менее активными или временно недоступными для считывания.

Наследование состояния

Сформированное эпигенетическое состояние может сохраняться при делении клеток, влияя на развитие тканей, старение и работу генов.

Основные типы мутаций и их последствия

Тип	Изменение	Последствия	Пример
Генная	замена / вставка / выпадение	изменение белка	муковисцидоз
Хромосомная	перестройка участка	нарушение функций генов	делеция
Геномная	изменение числа хромосом	тяжёлые нарушения развития	синдром Дауна

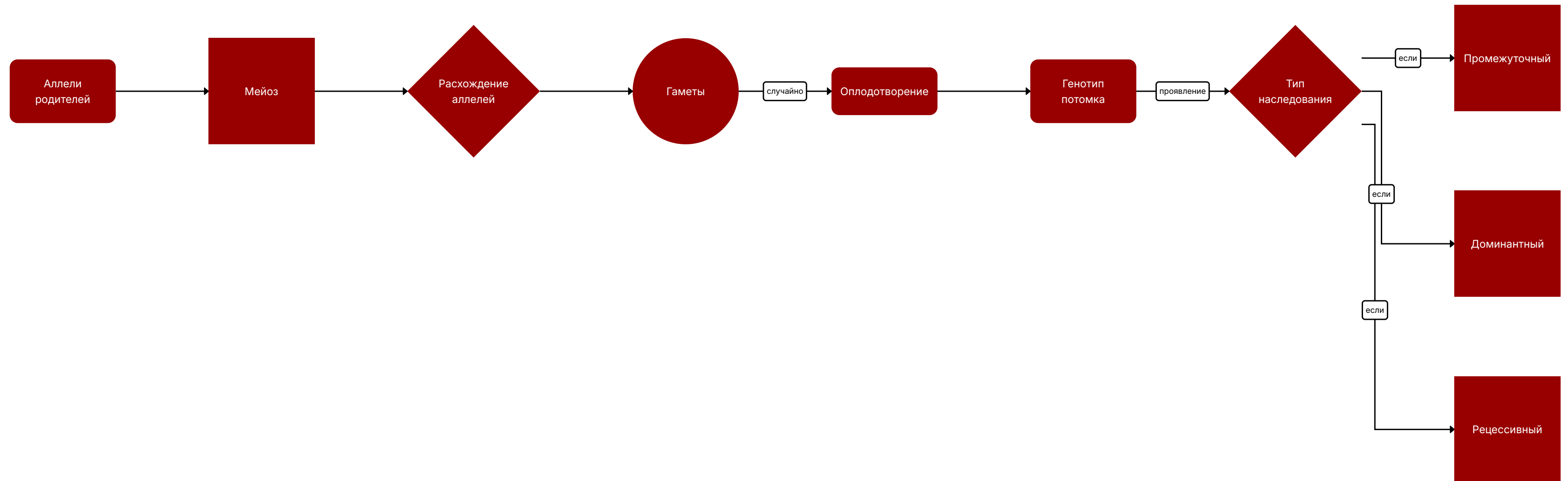
Школьный курс биологии.

Тип мутации, масштаб изменения и возможные последствия связаны между собой; таблица показывает, как разные изменения ДНК отражаются на признаках организма.

Мутации бывают разного масштаба, но все они меняют наследственную информацию и могут быть нейтральными, вредными или полезными.

Как признаки переходят от родителей к потомкам

Схема отражает образование гамет, случайное сочетание аллелей при оплодотворении и основные варианты взаимодействия аллелей.



Наследственная информация и заболевания

Моногенные нарушения

Изменение одного гена может нарушить работу белка и привести к заболеванию. Так проявляются, например, муковисцидоз и гемофилия, где дефект наследуется по определённым законам.

Хромосомные изменения

Если затронуты крупные участки хромосом или нарушено их число, страдают сразу многие гены. Такие изменения часто сопровождаются серьёзными особенностями развития и работы органов.

Методы выявления

Кариотипирование позволяет увидеть крупные изменения хромосом, ПЦР помогает обнаружить нужные участки ДНК, а секвенирование точно определяет последовательность нуклеотидов.

Значение ранней диагностики

Раннее обнаружение наследственных нарушений помогает выбрать наблюдение, лечение и профилактику осложнений. Это особенно важно для семей, где уже известен риск передачи мутации.

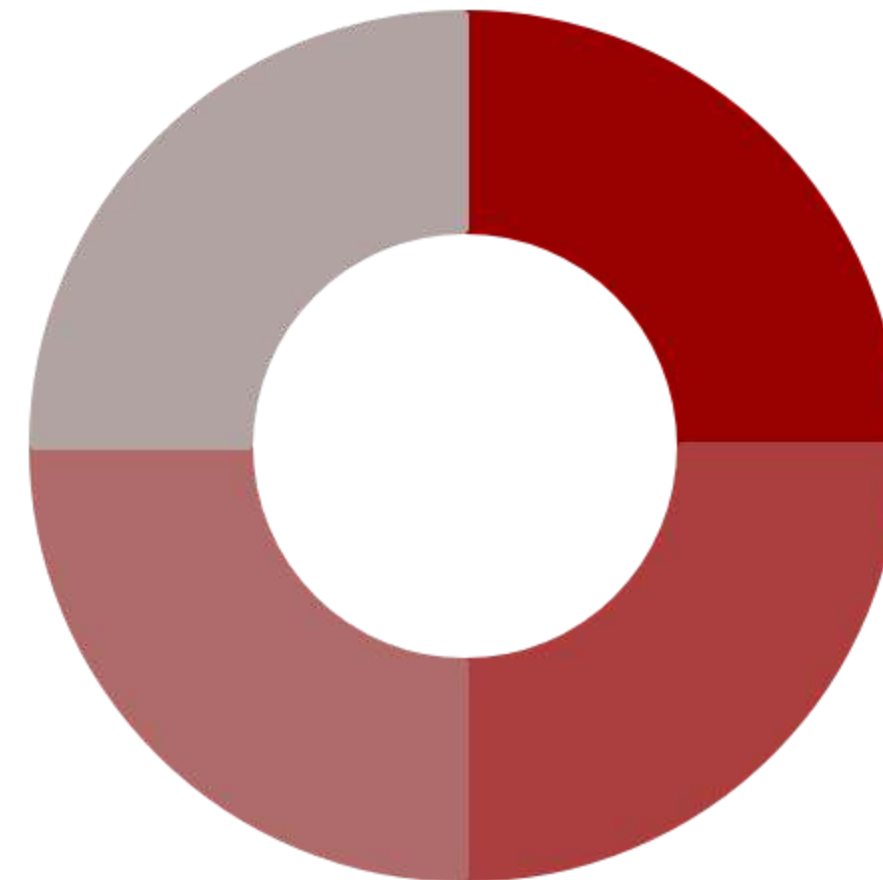


Источники генетического разнообразия

Даже при сохранении общего плана строения организма каждое поколение получает новые сочетания аллелей, а не точные копии родительских наборов.

Разнообразие потомков создают сразу несколько механизмов, поэтому наследственная информация устойчива, но не повторяется абсолютно одинаково.

■ Рекомбинация ■ Независимое расхождение ■ Мутации
■ Случайное оплодотворение



Схематическая диаграмма по школьному курсу биологии.

Главный вывод о наследственной информации

Наследственная информация хранится в ДНК, упаковывается в хромосомы и проявляется через РНК и белки. Точность копирования поддерживает стабильность, а мутации и регуляция генов создают разнообразие живых организмов.
