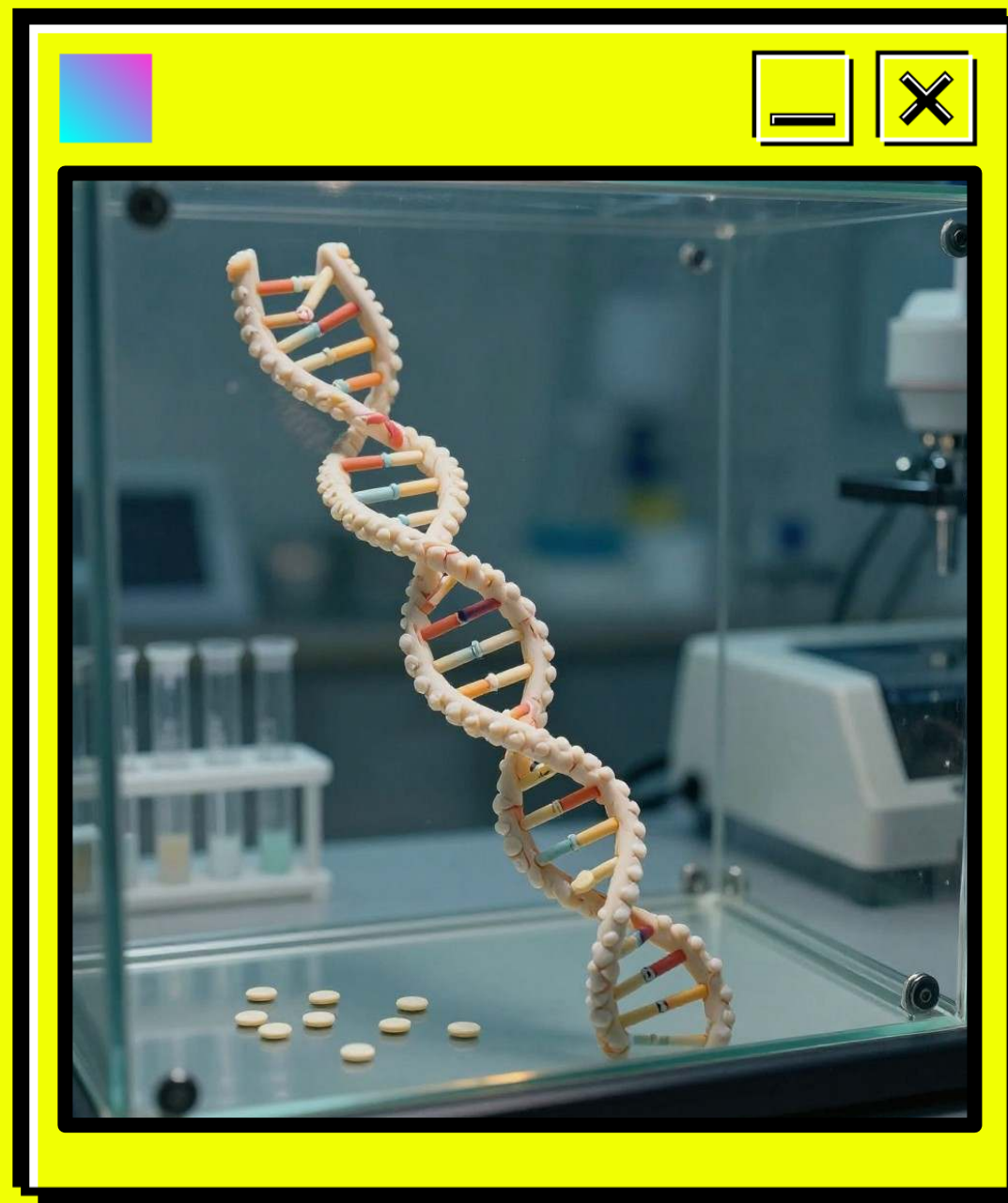


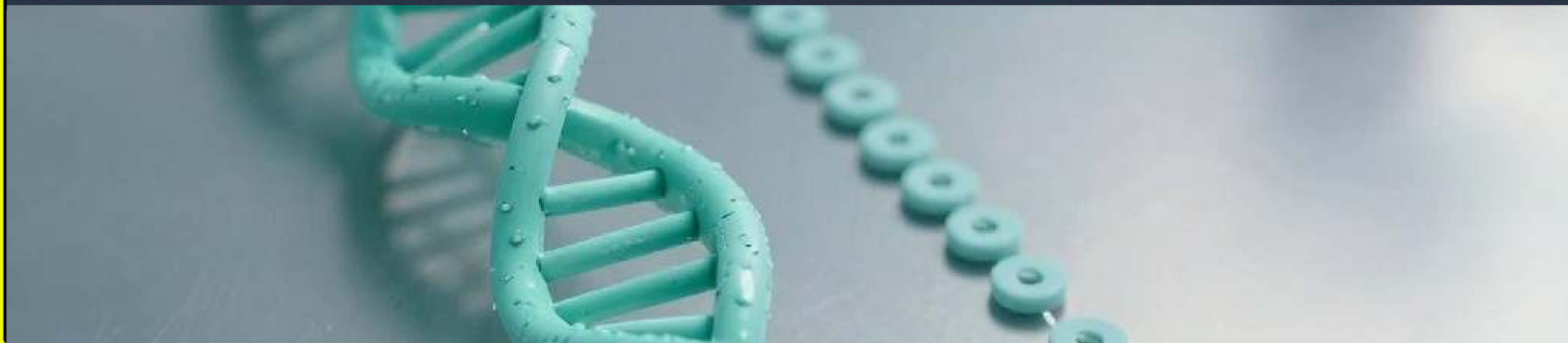
Как клетка копирует ДНК?

ДНК копируется по шаблону, сохраняя наследственную информацию



Зачем клетке нужен шаблон

Чтобы точно передать наследственную информацию, клетка копирует ДНК по матрице, где каждая цепь задаёт порядок пар оснований.



ДНК как носитель последовательности

1 Полимерная основа

ДНК представляет собой длинный полимер, собранный из нуклеотидов. Эти звенья соединены в цепь, которая может нести точную последовательность наследственной информации.

2 Информация в порядке

Смысл молекулы определяется не числом нуклеотидов, а их порядком. Именно последовательность оснований различает участки генома и задаёт биологическую информацию.

3 Точное воспроизведение

При делении клетки этот порядок нельзя потерять или смешать. Копирование должно воспроизводить ту же последовательность, иначе изменится содержание наследственного материала.

4 Копирование по образцу

Поэтому ДНК копируется не случайно, а по уже существующей цепи. Материнская цепь служит ориентиром для построения новой, комплементарной последовательности.

Комплементарность как правило копирования

Комплементарные пары обеспечивают узнавание оснований и делают копирование предсказуемым и точным.

Правило комплементарности связывает только определённые основания, поэтому новая цепь собирается строго по шаблону.

Школьный курс молекулярной биологии: комплементарные пары оснований ДНК.

Основание	Пара
Аденин	Тимин
Гуанин	Цитозин

Что такое матричный синтез

1

Что задаёт матрица

Матричный синтез означает, что уже существующая молекула задаёт последовательность новой цепи. Матрица не создаёт химические связи напрямую, но определяет, какие нуклеотиды должны присоединяться.

2

Как выбирается нуклеотид

Основа процесса — комплементарность оснований. Если на матрице стоит один нуклеотид, к нему присоединяется строго определённый партнёр, а не любой подходящий по случайности.

3

Почему это важно

Без матрицы невозможно заранее восстановить правильный порядок звеньев. Именно поэтому матричный синтез лежит в основе наследования и точного удвоения генетической информации.

Кто участвует в синтезе новой цепи

1 Матрица

Матрица ДНК содержит последовательность, которую нужно считать. Она служит ориентиром, по которому строится новая цепь, и определяет порядок будущих нуклеотидов.

2 Фермент-строитель

ДНК-полимераза — фермент, который присоединяет нуклеотиды к растущей цепи. Она не начинает синтез сама, а продолжает его после старта.

3 Стартовый участок

Праймер создаёт короткий участок с подходящим концом для начала работы. Без него полимераза не может присоединить первый нуклеотид и запустить рост цепи.

4 Материал для сборки

Свободные нуклеотиды — это строительный материал для новой молекулы. Они подбираются по правилу комплементарности и последовательно встраиваются в растущую цепь.

Почему рост идёт только $5' \rightarrow 3'$

Жёсткое ограничение фермента

ДНК-полимераза может присоединять следующий нуклеотид только к свободному 3'-концу. Поэтому новая цепь не растёт в обратном направлении и всегда удлиняется только вперёд.

Единое направление

Из-за этого правило $5' \rightarrow 3'$ является универсальным для синтеза ДНК. Оно помогает понять, почему копирование одной и той же молекулы происходит несимметрично.

Полярность цепи

Химическая полярность цепи задаёт направление копирования. Концы $5'$ и $3'$ не равны, и именно их строение определяет последовательность событий при синтезе.

Как новая цепь становится непрерывной

1

Прочное соединение

Новый нуклеотид не присоединяется сам по себе: его связывание с растущей цепью завершается образованием прочной фосфодиэфирной связи, которая объединяет звенья в одну молекулу.

2

Пошаговый рост

Каждое присоединение происходит последовательно, одно за другим. Благодаря этому цепь удлиняется без хаотичной «сборки» из готовых фрагментов, а её структура остаётся упорядоченной.

3

Итог синтеза

Когда фермент завершает реакцию, новая цепь становится непрерывной полимерной молекулой. Именно так происходит точное наращивание ДНК во время копирования.

Репликация в действии



Разделение спирали

Двойная спираль раскрывается, и две цепи расходятся, как две страницы одной книги. Каждая из них сохраняет свой текст последовательности и становится самостоятельной матрицей для построения новой комплементарной цепи.



Сборка копий

Полимераза считывает открытые участки и добавляет нуклеотиды по правилу комплементарности. В результате на каждой материнской цепи выстраивается новая, а после завершения процесса образуются две идентичные молекулы ДНК.

Полуконсервативная модель копирования



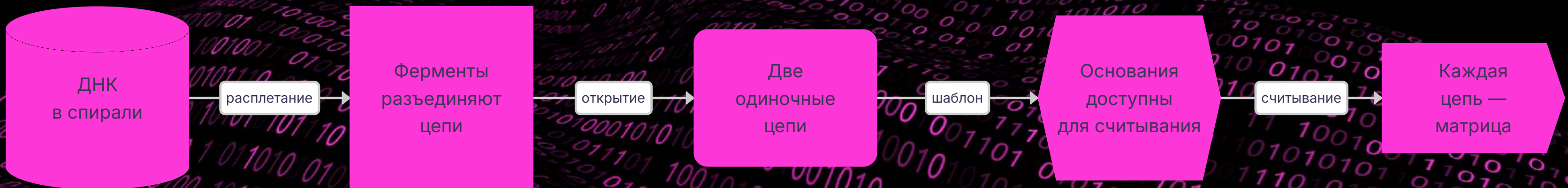
Полуконсервативность
означает сохранение одной
исходной цепи в каждой
дочерней молекуле.

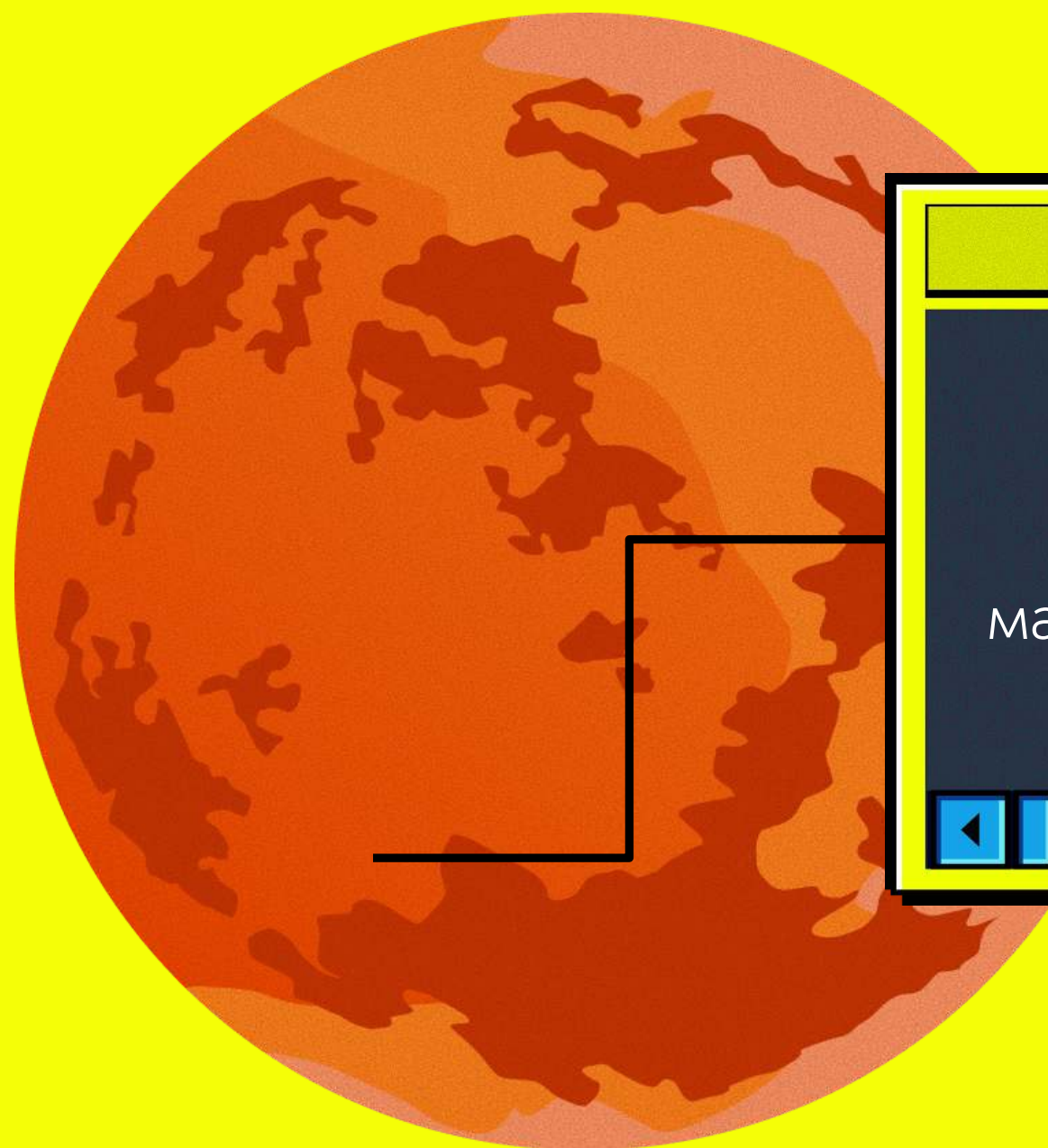
Каждая дочерняя молекула
сохраняет одну старую и одну
новую цепь, поэтому
копирование идёт
по полуконсервативному
принципу.

*Обобщение классической модели
репликации ДНК и учебных
данных по полуконсервативному
копированию.*

Как из двойной спирали появляются матрицы

Перед копированием двойная спираль раскрывается, чтобы каждая исходная цепь могла служить шаблоном для новой.





2

матрицы работают одновременно
и дают по одной новой цепи.

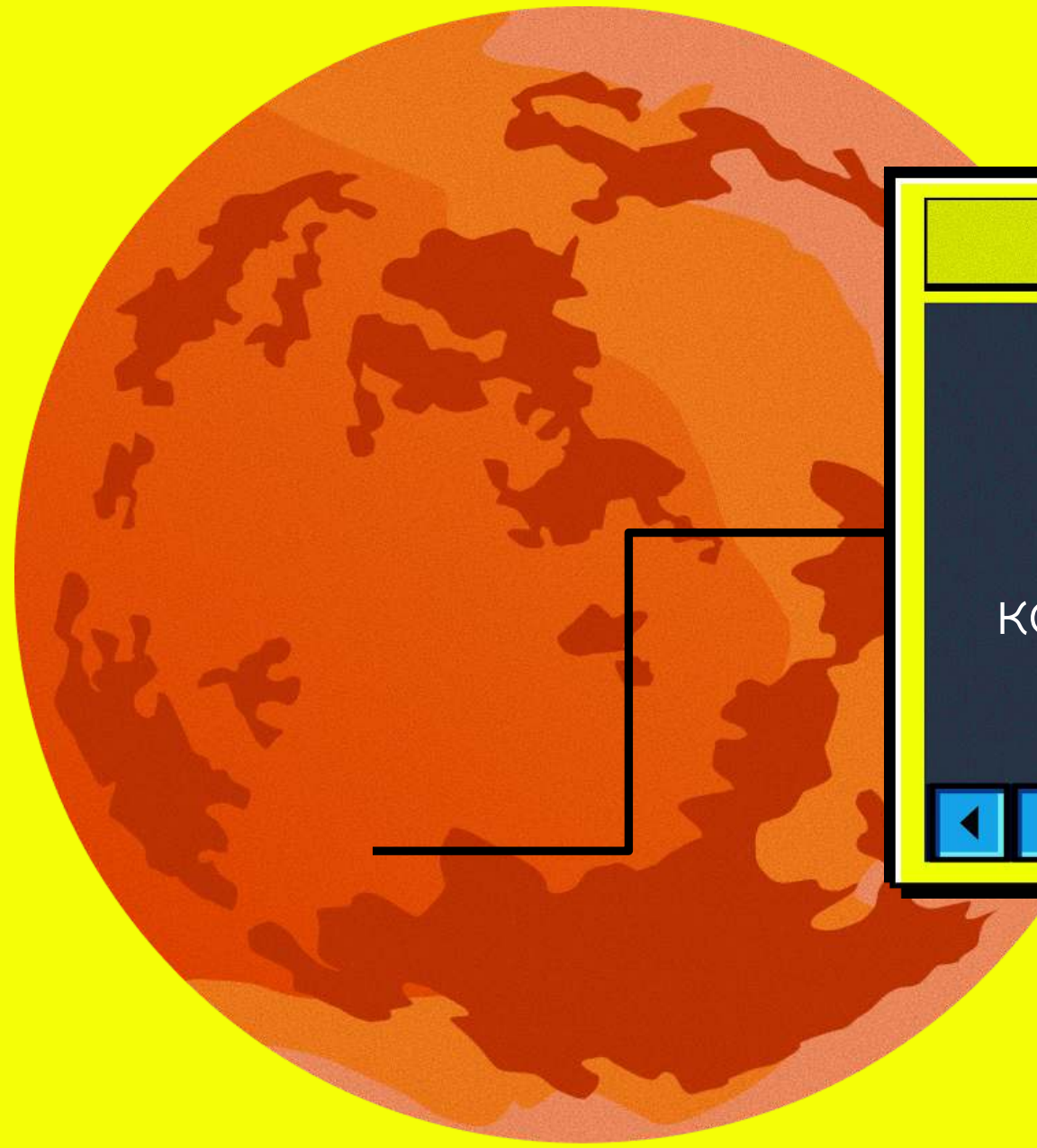
При копировании ДНК всегда образуются две дочерние цепи, потому что каждая исходная цепь служит отдельной матрицей для синтеза новой.

Принцип полуконсервативной репликации из курса молекулярной биологии.



На запаздывающей цепи синтез идёт короткими участками, потому что фермент не может двигаться навстречу раскрытию вилки.

Учебная схема синтеза фрагментов Оказаки, молекулярная биология.



3'

конец становится точкой старта
для удлинения новой цепи.

ДНК-полимераза не начинает синтез с нуля: ей нужен уже готовый свободный 3'-конец, который обеспечивает праймер.

Стандартное описание действия ДНК-полимеразы в учебниках биохимии.

нуклеотидов приходится примерно на одну ошибку после корректировки.

Исправление ошибок резко повышает надёжность копирования: после проверки и коррекции ферментом уровень неточностей становится крайне низким.

Обобщённые данные по точности репликации ДНК, учебная биология.

Два наглядных примера считывания матрицы



Пример последовательности

Если на матрице стоит А-Г-Т-Ц, то новая цепь строится как Т-Ц-А-Г. Это не подбор «по смыслу», а строгое следование правилам комплементарности.

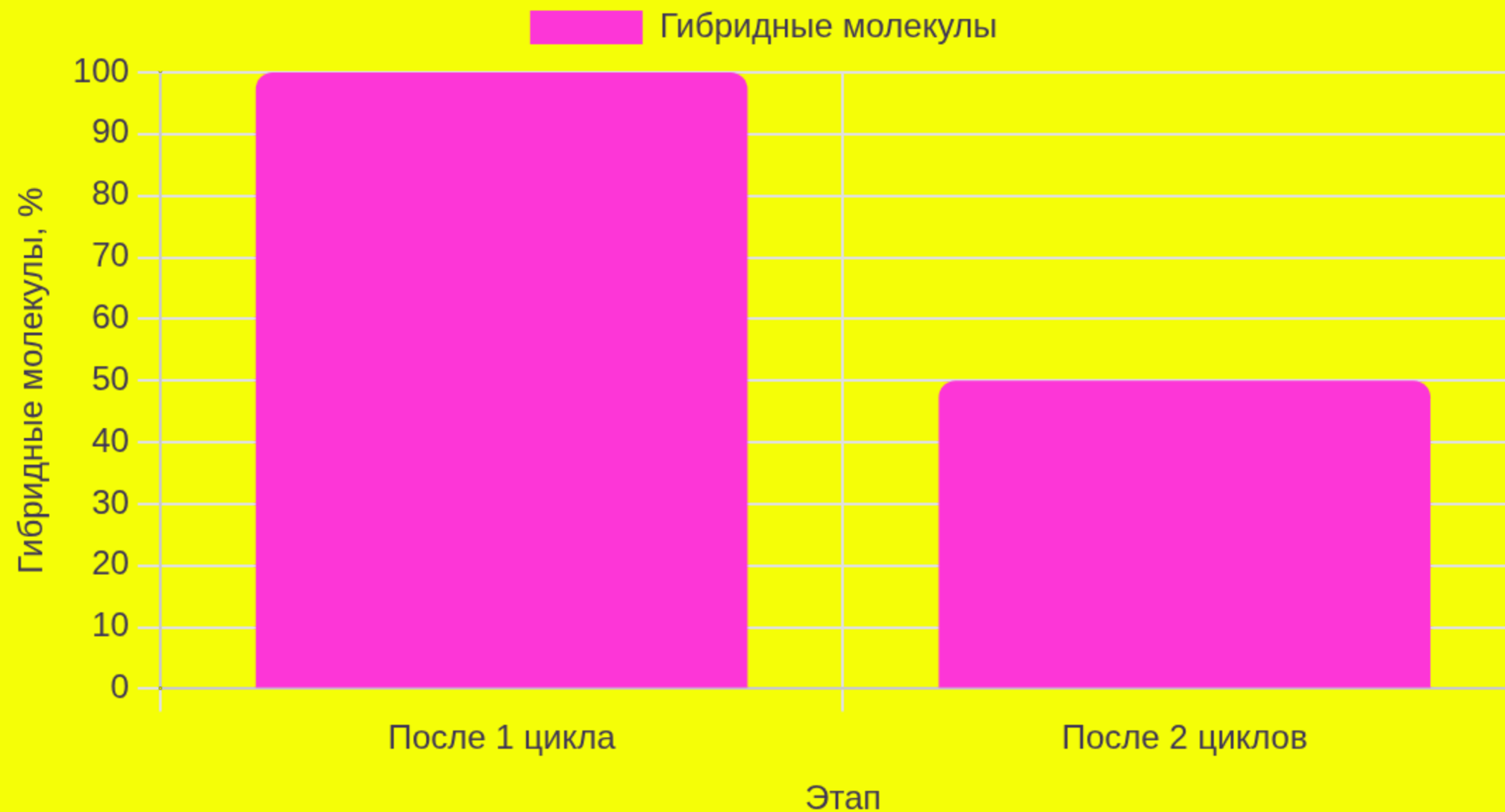


Пример направления

Стрелка 5' → 3' показывает, что цепь удлиняется только в одном направлении. Поэтому правильный нуклеотид выбирается не только по паре оснований, но и по месту присоединения.



Почему говорят, что информация идёт по матрице



Экспериментальные результаты по репликации показывают, что доля гибридных молекул меняется предсказуемо, а не случайно. Это подтверждает считывание информации по матрице.

После первого цикла все молекулы гибридные, после второго их доля уменьшается. Это соответствует полуконсервативной модели копирования.

*Классический опыт
Мезельсона — Стабля, 1958.*

Типичные ошибки и как их исправить

Миф	Верно	Почему
Случайный сбор	Матрица задаёт порядок	Комплементарность
Старт без праймера	Нужен праймер	Есть 3'-конец
Одинаково в обе стороны	Рост только 5' → 3'	Химическое ограничение

Ниже сопоставлены распространённые заблуждения и корректные представления о матричном синтезе ДНК.

Во всех случаях решающую роль играет матрица, а не случайность. Праймер запускает синтез, а направление роста определяется свойствами фермента.

Обобщение учебного материала по репликации ДНК.

Мини-конспект по теме

- ▼ **Роль матрицы**
Матрица не создаёт новую молекулу сама, но задаёт порядок нуклеотидов. Поэтому точность копирования начинается с правильного чтения исходной цепи.
- ▼ **Правило парности**
Комплементарность связывает аденин с тиминном, а гуанин с цитозином. Эти пары позволяют клетке собирать новую цепь без случайного выбора.
- ▼ **Ход синтеза**
Праймер даёт старт, а ДНК-полимераза удлиняет цепь только в направлении $5' \rightarrow 3'$. Из-за этого репликация на обеих матрицах идёт по-разному.
- ▼ **Итог процесса**
Репликация остаётся главным примером матричного синтеза: одна исходная молекула даёт две дочерние, каждая с собственной копией наследственной информации.

Матричный синтез ДНК: от шаблона к точной копии

Матричный синтез ДНК показывает, как клетка сохраняет наследственную информацию: матрица задаёт порядок, полимеразы удлиняют цепь, а proofreading помогает избежать ошибок при каждом копировании.

