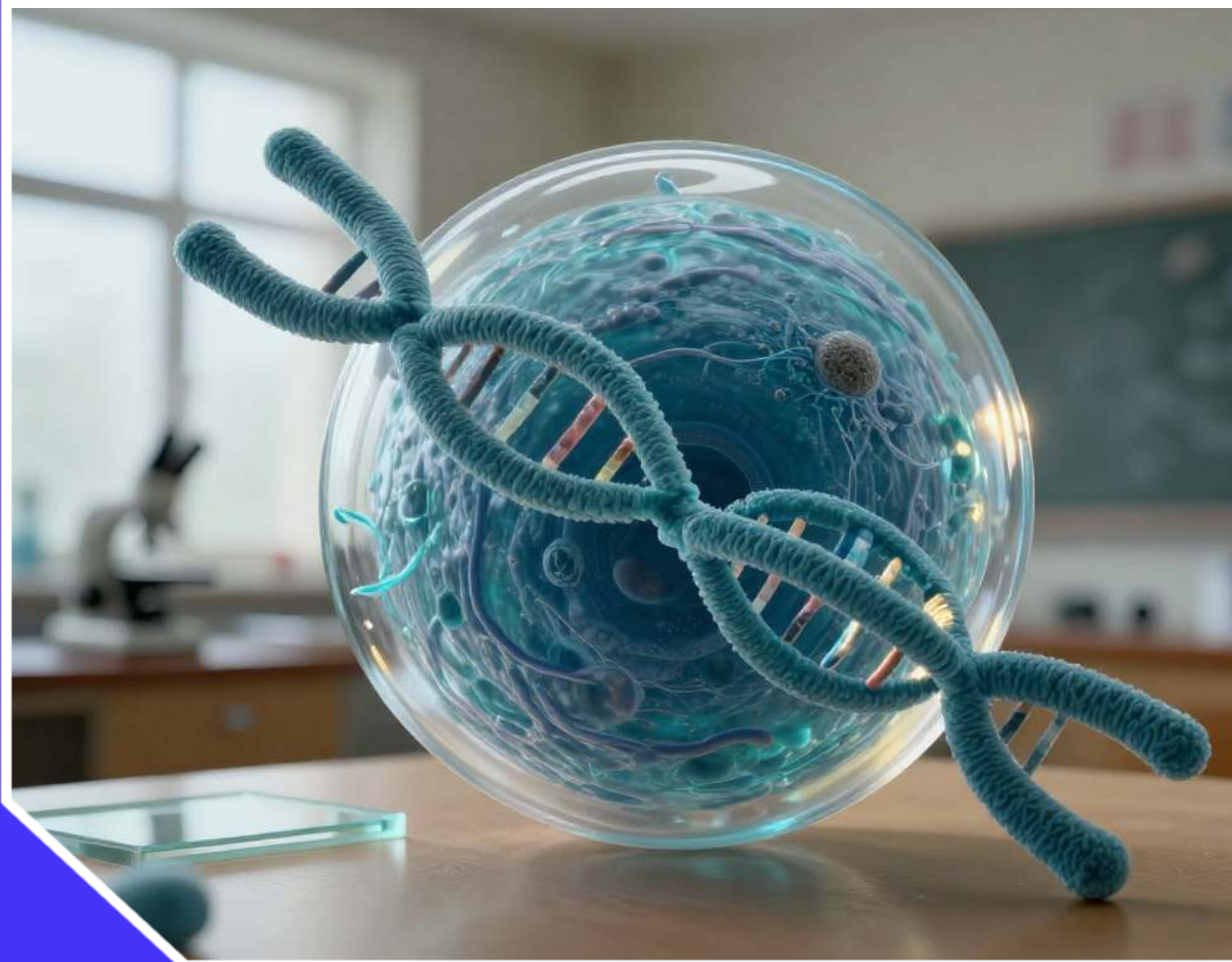
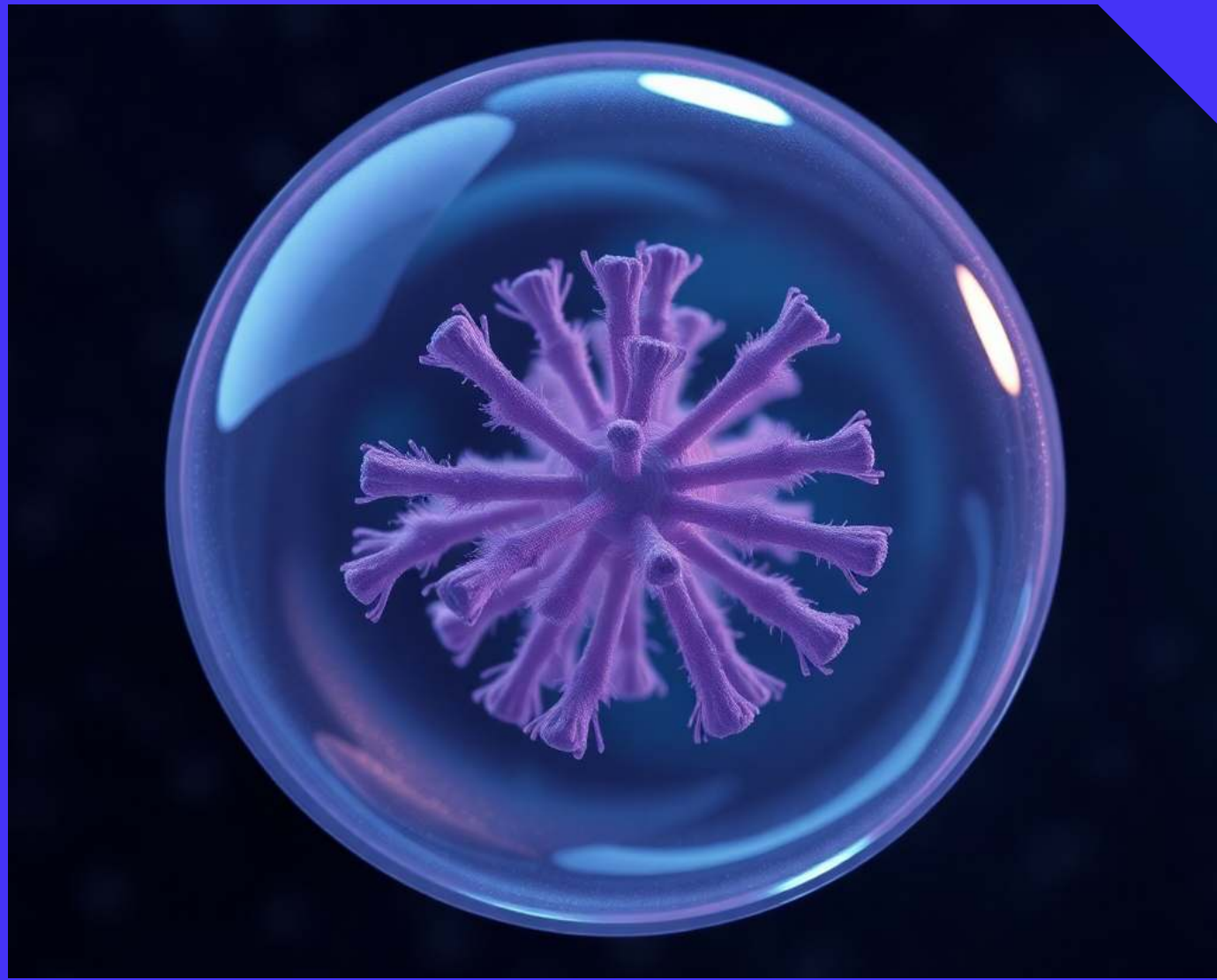


# Клеточное ядро и хромосомы: хранение, передача и реализация наследственной информации

Как ядро хранит, упаковывает и передаёт генетическую информацию





Именно в ядре сосредоточены ДНК, гены и регуляторы работы клетки. Хромосомы обеспечивают точное копирование и распределение наследственной информации, а их строение помогает понять наследование признаков и причины генетических нарушений.

# Почему ядро и хромосомы — основа наследственности

# Строение клеточного ядра

## Ядерная оболочка

Двойная мембрана отделяет ядро от цитоплазмы и создаёт контролируемую среду для хранения ДНК. Она сохраняет целостность генетического материала и поддерживает упорядоченную организацию хроматина.

## Кариоплазма

Внутренняя среда ядра содержит ДНК, белки, ферменты и молекулы РНК. Здесь проходят процессы, связанные с репликацией и транскрипцией, поэтому кариоплазма обеспечивает работу наследственного материала.

## Хроматин

Хроматин — это комплекс ДНК с белками, прежде всего с гистонами. В таком виде генетический материал может не только храниться, но и становиться доступным для считывания информации.

## Ядрышко

Ядрышко участвует в образовании рибосомных субъединиц и содержит участки хромосом, несущие гены рРНК. Благодаря этому оно связано с синтезом белка и активной работой клетки.

## Организация наследственного материала

Все элементы ядра действуют согласованно: оболочка защищает содержимое, кариоплазма служит рабочей средой, хроматин хранит ДНК, а ядрышко обеспечивает подготовку аппарата белкового синтеза.





# Ядерная оболочка и ядерные поры

## Две мембраны

Ядерная оболочка состоит из внутренней и наружной мембран. Такое строение помогает изолировать генетический материал и одновременно сохранять связь ядра с остальными структурами клетки.

## Связь с ЭПС

Наружная мембрана ядра переходит в эндоплазматическую сеть. Это показывает, что ядро связано с синтезом, обработкой и перемещением веществ в клетке.

## Поровые комплексы

Ядерные поры образованы крупными белковыми комплексами и действуют как избирательные «ворота» между ядром и цитоплазмой, регулируя обмен молекулами.

## Что проходит через поры

Через поры выходят молекулы мРНК и рибосомные субъединицы, а в ядро поступают белки-регуляторы и ферменты. Такой контроль необходим для точной работы наследственного аппарата.

## Избирательность обмена

Крупные молекулы не проходят свободно: транспорт зависит от размера, типа вещества и клеточных сигналов. Это защищает ядро от случайных нарушений и обеспечивает точную регуляцию.

# Хроматин как рабочая форма ДНК в интерфазе

01

## Комплекс ДНК и белков

Хроматин образован молекулой ДНК и белками, прежде всего гистонами. Такое сочетание позволяет упаковывать длинную ДНК в ограниченном объёме ядра и сохранять её функциональность.

02

## Рыхлое состояние в интерфазе

В интерфазе хроматин менее спирализован, чем в делящейся клетке. Это создаёт доступ ферментам, которые считывают наследственную информацию и запускают синтез РНК.

03

## Эухроматин и гетерохроматин

Эухроматин упакован слабее и обычно связан с активной транскрипцией. Гетерохроматин плотнее и чаще остаётся молчащим, что помогает клетке разделять активные и неактивные участки генома.

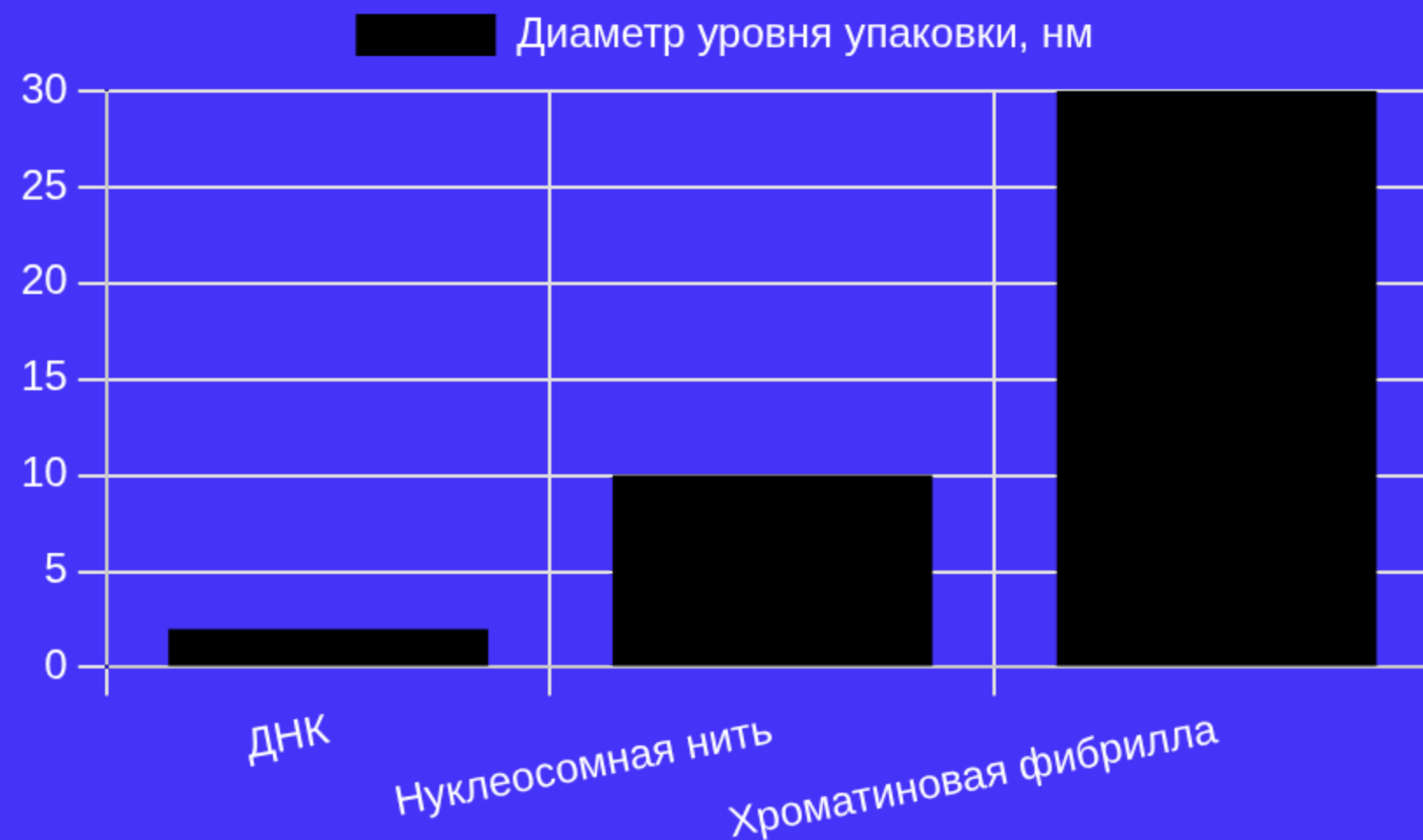
04

## Гибкая регуляция генов

Разная степень упаковки ДНК позволяет одной и той же клетке хранить огромный объём информации и при этом избирательно включать нужные гены в нужный момент.



# Уровни упаковки ДНК в хромосому



Школьный курс биологии; указанные в теме значения 2 нм, 10 нм и 30 нм.

По мере уплотнения ДНК уменьшается её длина и возрастает степень организации наследственного материала. На уровне метафазы упаковка становится максимальной.

Последовательная компактизация делает возможными и хранение ДНК, и её точное распределение при делении клетки.

# Гены как участки ДНК и единицы наследственности



## Ген

Ген — это участок ДНК, несущий информацию о строении белка или функциональной РНК. Он является основной единицей наследственности и определяет передачу признаков между поколениями.



## Регуляция работы

Последовательность гена важна, но не менее значимы регуляторные участки ДНК, состояние хроматина и транскрипционные факторы. Вместе они определяют, когда и насколько активно будет работать ген.



## Аллели

Аллели — это разные варианты одного гена. Они объясняют наследственные различия признаков и могут по-разному проявляться в организме в зависимости от сочетания и регуляции.



## Геном

Геном — это совокупность всех генов организма. Он включает не только кодирующие участки, но и значимые регуляторные элементы, обеспечивающие целостную работу наследственной системы.

# Основные части хромосомы и их функции

Каждая часть хромосомы имеет собственное строение и роль в сохранении наследственной информации.

Строение хромосомы не случайно: каждый элемент помогает сохранить ДНК и обеспечить её точную передачу при делении клетки.

| Часть       | Особенности         | Функция              |
|-------------|---------------------|----------------------|
| Хроматида   | Идентичная половина | Носит ДНК            |
| Центромера  | Место соединения    | Крепит веретено      |
| Теломеры    | Концевые участки    | Защита хромосомы     |
| Плечи p и q | Короткое и длинное  | Описание и сравнение |

# Типы хромосом по положению центromеры

## Метацентрические

- Центромера расположена примерно посередине, поэтому плечи хромосомы почти одинаковы по длине. Такая форма делает её особенно удобной для сравнения при анализе кариотипа.

## Субметацентрические

- У этих хромосом центромера смещена от середины, и одно плечо заметно короче другого. Это один из самых распространённых вариантов строения хромосом.

## Акроцентрические

- Центромера находится близко к концу хромосомы, поэтому одно плечо очень короткое. Такие хромосомы хорошо различимы в метафазе, когда они максимально спирализованы.

## Телоцентрические

- Центромера расположена почти на самом конце, и фактически заметно только одно плечо. Этот тип встречается редко и помогает показать разнообразие строения хромосом.



# Кариотип человека: набор хромосом в соматических клетках

## 46 хромосом

Соматическая клетка человека содержит 46 хромосом, объединённых в 23 пары. Такой набор является характерной особенностью вида и используется для изучения наследственных признаков.

## 22 пары аутосом

Аутосомы составляют большинство хромосомного набора. Они несут гены, связанные со строением тела, обменом веществ, работой органов и многих клеточных процессов.

## 1 пара половых

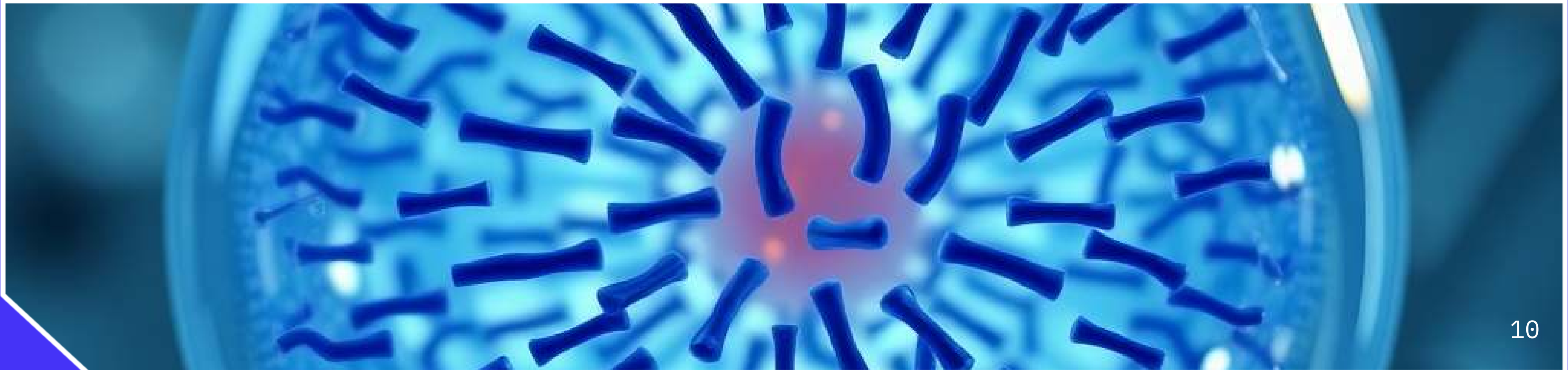
Половые хромосомы определяют биологический пол и участвуют в наследовании признаков, сцепленных с полом. У женщин это XX, у мужчин — XY.

## Кариотип как паспорт

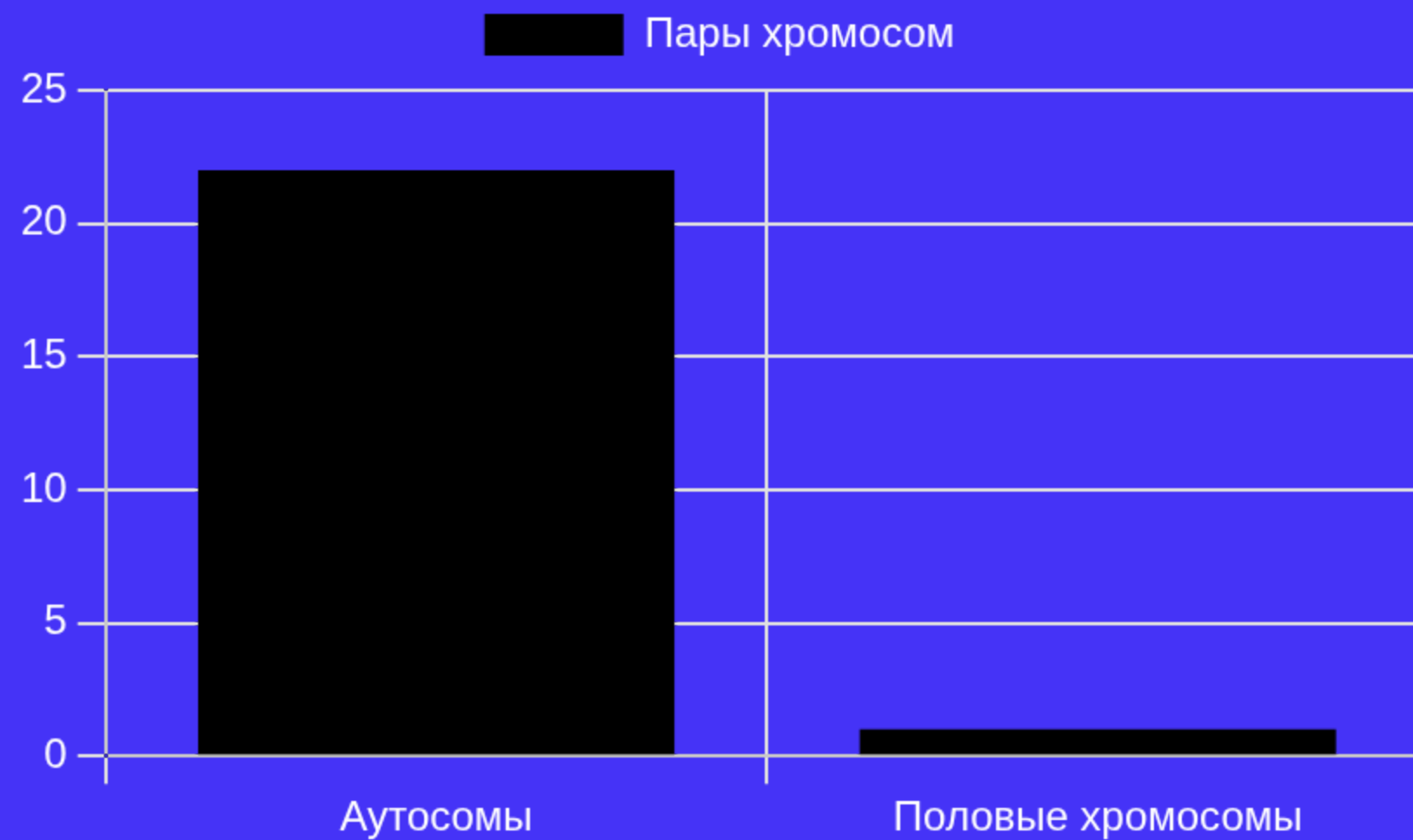
По кариотипу анализируют число, размеры и форму хромосом. Это помогает выявлять видовые особенности и обнаруживать нарушения хромосомного набора.

## Значение для медицины

Изучение кариотипа важно не только для биологии, но и для диагностики наследственных заболеваний, связанных с изменением числа или структуры хромосом.



# Аутосомы и половые хромосомы в кариотипе человека



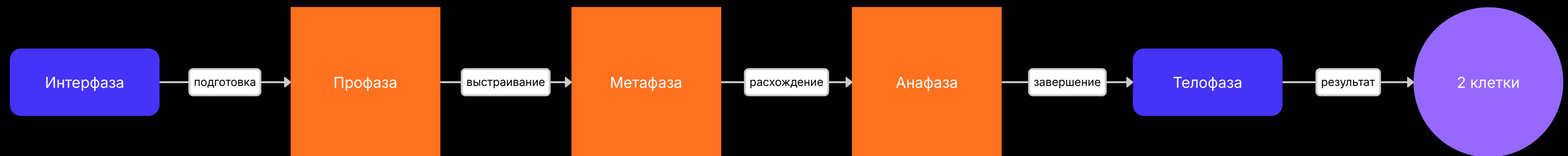
Школьный курс биологии; кариотип человека

Аутосомы содержат основную часть генов, тогда как половые хромосомы важны для определения пола и наследования ряда признаков.

Преобладание аутосом показывает, что большинство наследственной информации сосредоточено вне половых хромосом.

# Митоз: как хромосомы передаются дочерним клеткам

Последовательность стадий митоза в эукариотической клетке



# Мейоз и образование гамет

## Удвоение ДНК

Перед мейозом клетка проходит интерфазу: ДНК удваивается, а хромосомы подготавливаются к двум последовательным делениям.

## Профаза I

Гомологичные хромосомы сближаются, образуют пары, и может происходить кроссинговер, создающий новые сочетания аллелей.

## Два деления

В первом и втором делениях число хромосом уменьшается, а сестринские хроматиды распределяются по разным клеткам.

## Гаплоидные гаметы

В результате образуются клетки с одинарным набором хромосом, что сохраняет постоянство кариотипа вида при оплодотворении.

# Мутации и хромосомные нарушения

01

## Структурные перестройки

Делеции, дупликации, инверсии и транслокации изменяют строение хромосом и могут нарушать работу генов, если затрагивают важные участки ДНК.

02

## Изменение числа

Геномные мутации связаны с потерей или добавлением хромосом, например при моносомии или трисомии, что влияет на развитие организма.

03

## Причины нарушений

Ошибки расхождения хромосом в митозе и мейозе, а также повреждения ДНК под действием мутагенов повышают риск хромосомных аномалий.

04

## Наследственные последствия

Часть нарушений несовместима с нормальным развитием, а часть проявляется как наследственные синдромы, влияющие на строение и функции органов.

05

## Пример синдрома Дауна

Синдром Дауна связан с трисомией 21-й хромосомы и наглядно показывает, как изменение числа хромосом отражается на фенотипе человека.

# Число хромосом у разных организмов

Сравнение показывает, что количество хромосом у видов сильно различается и не отражает уровень их биологической сложности.

Число хромосом не связано напрямую со сложностью организма: важны состав генов и организация генома.

| Организм  | Хромосом | Особенность    |
|-----------|----------|----------------|
| Человек   | 46       | 23 пары        |
| Дрозофила | 8        | Мало хромосом  |
| Горох     | 14       | Растение       |
| Собака    | 78       | Много хромосом |

Биологические справочные данные; школьные учебные материалы

# Методы изучения ядра и хромосом

## Световая микроскопия

- Позволяет наблюдать делящиеся клетки и видимые хромосомы, особенно в метафазе, когда они максимально спирализованы и хорошо различимы.

## Окрашивание препаратов

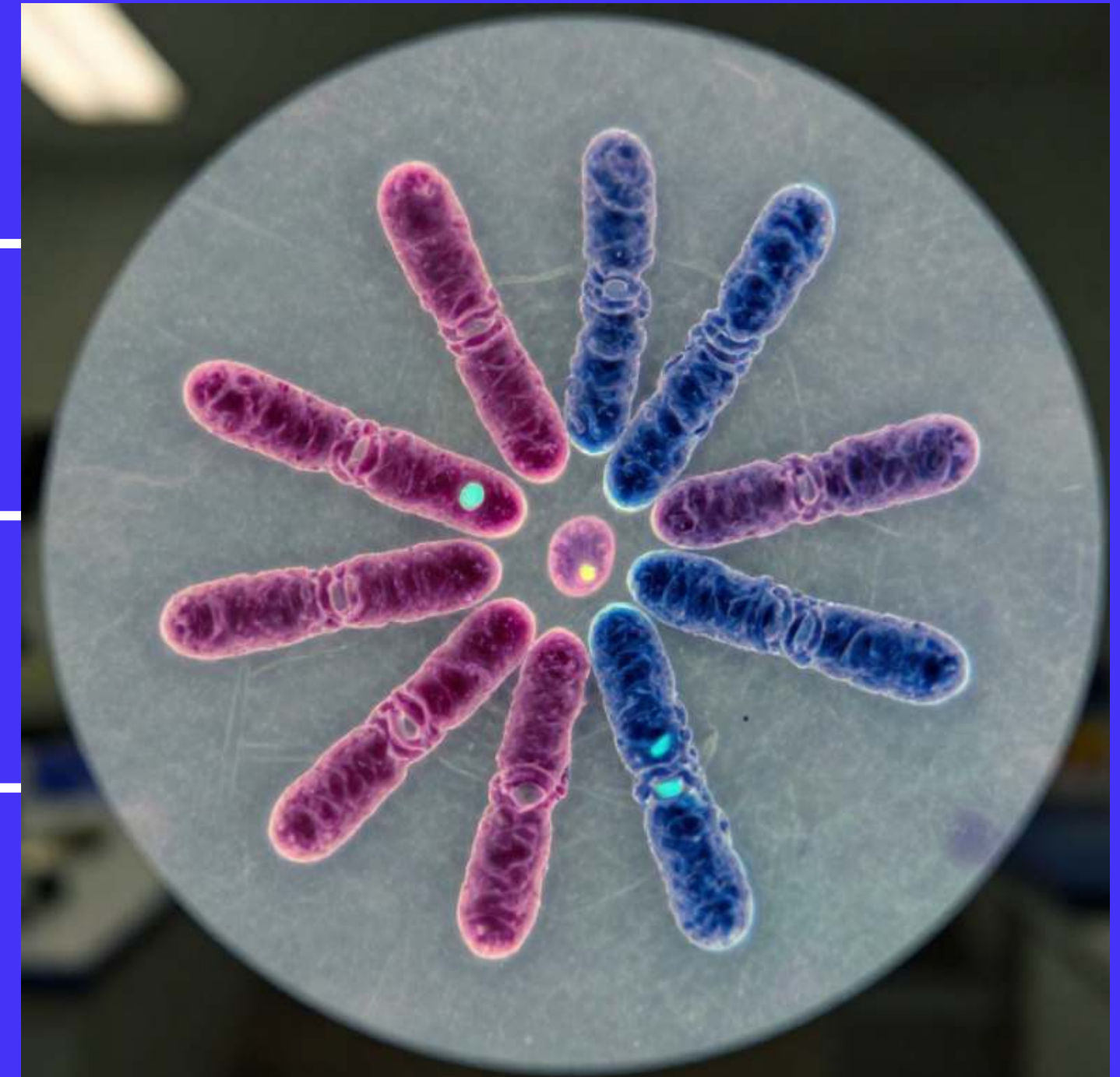
- Специальные красители делают видимыми форму, размеры хромосом и положение центromеры, что помогает различать их при микроскопическом анализе.

## Кариотипирование

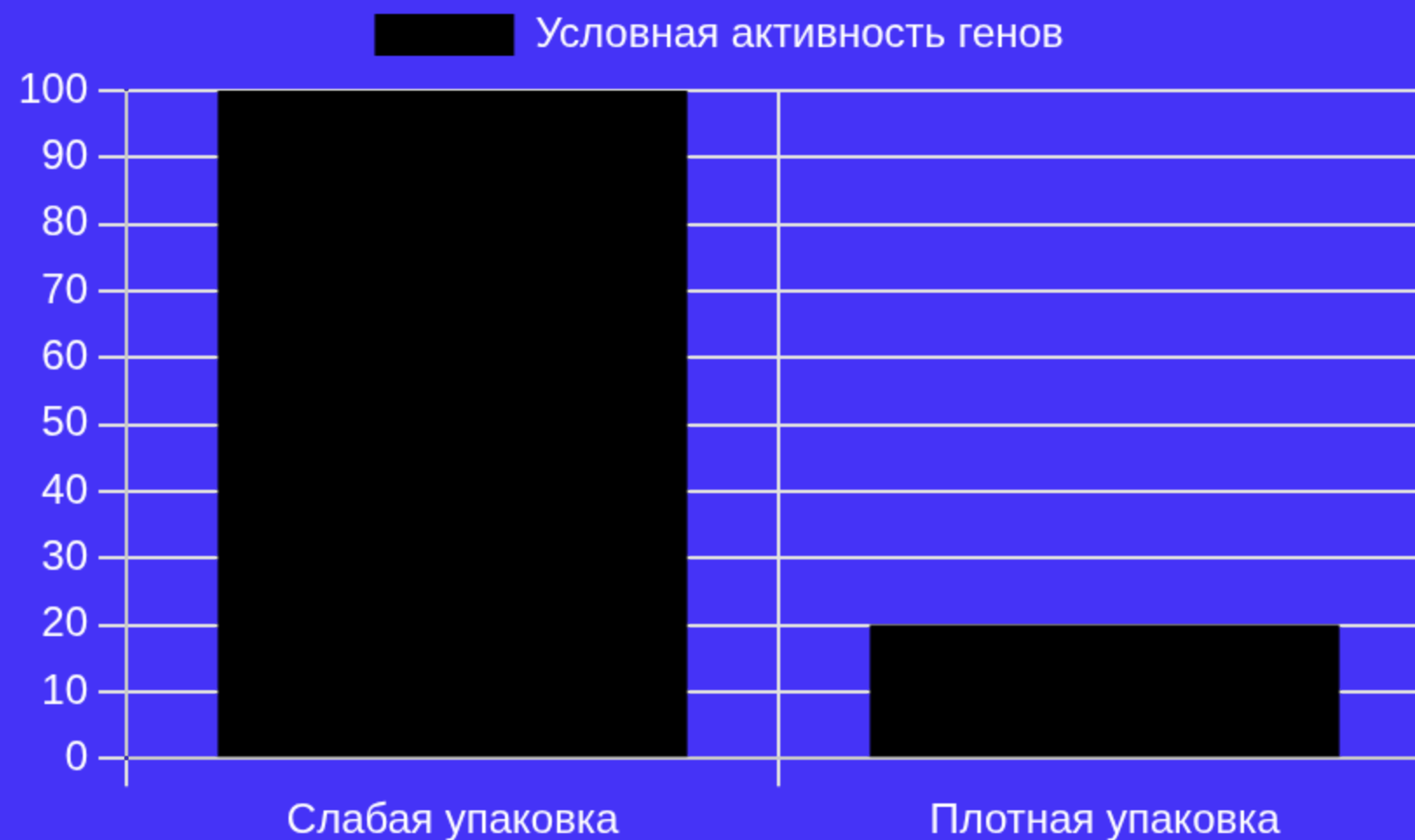
- Используется для составления полного набора хромосом человека и выявления отклонений в их числе, размерах и строении.

## Флуоресцентные методы

- Позволяют обнаруживать отдельные участки ДНК, хромосомные перестройки и некоторые мутации с высокой точностью и наглядностью.



# Связь упаковки ДНК и активности гена



Школьный курс молекулярной биологии; схема зависимости упаковки хроматина и транскрипции

Открытый хроматин легче считывается ферментами, а плотный хроматин ограничивает доступ к ДНК и снижает скорость транскрипции.

Чем слабее упаковка ДНК, тем выше активность генов; это помогает клеткам выполнять разные функции.

# Роль ядра в клеточной специализации

## Одинаковый геном

Почти все клетки организма несут один и тот же набор генов, но используют его по-разному в зависимости от типа ткани и стадии развития.

## Избирательная активация

В нейронах, мышечных клетках, эпителии и клетках крови включаются разные группы генов, поэтому клетки приобретают особое строение и функции.

## Регуляция синтеза белка

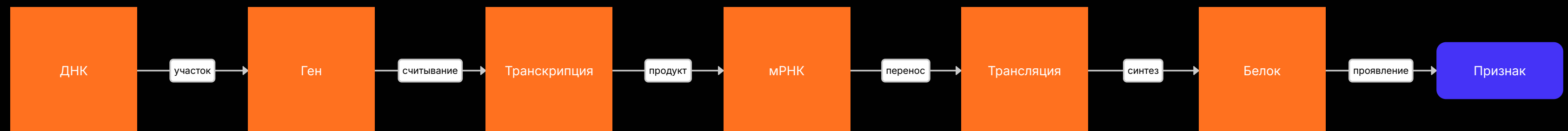
Ядро определяет, какие РНК будут синтезированы, а значит, какие белки появятся в клетке и как она будет работать.

## Основа развития тканей

Точная настройка активности генов обеспечивает формирование органов, поддержание их работы и обновление клеток на протяжении жизни организма.

# От ДНК к признаку организма

Основные этапы реализации наследственной информации





Ядро не только хранит ДНК, но и управляет её использованием, а хромосомы обеспечивают точную передачу наследственной информации. Именно поэтому от их организации зависят развитие, специализация и изменчивость организмов.

## Ядро и хромосомы: язык наследственности клетки